

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



**“IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCION
LEAN DE JOHN DEERE EN UNA LÍNEA DE
FABRICACIÓN DE ENGRANAJES”**

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL: ORGANIZACIÓN

Autor: Enrique Sánchez Rodríguez

Director del proyecto: Dr. D. Bernardo Prida Romero

Tutor en John Deere Ibérica: Mateo Alda

AGRADECIMIENTOS:

- En primer lugar, quisiera agradecer a John Deere la posibilidad que me ha brindado por permitirme trabajar y desarrollarme como profesional en una compañía líder mundial en su sector y que además se preocupa muchísimo por toda su gente.
- En segundo lugar, quisiera darle las gracias a Mateo Alda, Gerente de la parte de Ejes y Engranajes de John Deere Ibérica, que me ha facilitado enormemente la realización de este proyecto así como el desempeño de mi trabajo diario como supervisor del departamento de Engranajes del Motor. También quiero hacer una mención especial a todos y cada uno de mis compañeros de departamento que hacen que el día a día en el trabajo sea tan sencillo.
- Y por último a Bernardo Prida Romero, Catedrático de la Universidad Carlos III de Madrid en Ingeniería Industrial en el departamento de Organización Industrial, por dirigirme en este proyecto con tanta paciencia y por darle una visión más académica y acorde a lo que se espera de un proyecto fin de carrera.

ÍNDICE

PORTADA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE	3
1. Introducción y objetivo del proyecto	7
2. Presentación de John Deere Ibérica S.A.	12
2.1. John Deere en el mundo	13
2.2. John Deere Ibérica	16
2.3. Historia de John Deere Ibérica	17
2.4. Principales clientes	19
2.5. Organización de la fábrica	20
2.6. Mercado	22
3. Deere Production System (DPS): teoría, objetivos y estructura	23
3.1. Necesidad y objetivos	24
3.2. Estructura	26
3.2.1. Liderazgo	26
3.2.2. Ambiente de trabajo	27
3.2.2.1. Seguridad ergonomía y medio ambiente	27
3.2.2.2. Organización del lugar de trabajo	29
3.2.2.3. Equipos naturales de trabajo	30
3.2.2.4. Mejora Continua de las operaciones (Kaizen)	31
3.2.3. Procesos de operación estructurados	35
3.2.3.1. Fabricación basada en la demanda	36
3.2.3.2. Fábrica visual	37
3.2.3.3. Cambios de ingeniería	37
3.2.3.4. Flexibilidad	38
3.2.4. Tecnología y manufactura de procesos	38
3.2.4.1. Htas de manufactura visual e ingeniería concurrente	38
3.2.4.2. Sistemas para la ejecución de la manufactura	39
3.2.4.3. Tecnología y procesos	40
3.2.5. Planificación de la producción	40
3.2.6. Logística de materiales	41
3.2.6.1. Reaprovisionamiento de material Kankan	41
3.2.6.2. Aptitud de los proveedores	44
3.2.7. Disponibilidad de operación y de equipos	45
3.2.8. Calidad	46
3.2.9. Evaluación de resultados y certificación en DPS	47

4. Ámbito de aplicación	50
4.1. Proceso de fabricación de engranajes en JDISA.	51
4.1.1. Célula de mecanizado en verde	53
4.1.2. Tratamiento térmico	55
4.1.3. Línea de rectificado	55
4.2. Engranajes a estudiar en el proyecto	57
4.3. Célula de mecanizado	60
4.4. Línea de rectificado	66
4.5. Planificación de la producción	69
4.6. Análisis y situación previa a DPS	73
4.6.1. Calidad	73
4.6.2. Eficiencia	74
4.6.3. Entregas	75
4.6.4. Seguridad	76
5. Implantación del DPS	77
5.1. Indicadores y objetivos del Equipo de Trabajo	80
5.1.1. Indicadores de Calidad	80
5.1.2. Indicadores de Eficiencia	80
5.1.3. Indicadores de Entregas	81
5.1.4. Indicadores de Seguridad	81
5.2. Organización del trabajo: Trabajo en equipo	84
5.2.1. Equipo de Engranajes del Motor I	85
5.2.2. Equipo de Rectificadoras 2	86
5.2.3. Bases del trabajo en equipo	86
5.2.3.1. Funciones y competencias de los miembros del equipo	86
5.2.3.2. Reglas y normas de funcionamiento interno del equipo	87
5.2.4. Niveles de trabajo en equipo	87
5.2.5. Remuneración del equipo de trabajo	88
5.2.5.1. Sistema de remuneración	88
5.2.5.2. Cálculo del bono	88
5.2.5.3. Reparto general	90
5.2.5.4. Retribución garantizada	91
5.3. Análisis del proceso productivo. Mapa de la Cadena de Valor (VSM)	92
5.3.1. VSM del estado actual	93
5.3.2. Medidas a adoptar	96
5.3.3. VSM del estado futuro	97
5.4. Mejora Continua (MC)	100
5.4.1. Proceso de MC	100
5.4.2. Indicadores en Engranajes del Motor	101
5.4.3. Proyecto de MC en Entregas	102
5.4.4. Proyecto de MC en Calidad	103

5.4.5.	Proyecto de MC en Eficiencia	105
5.4.6.	Proyecto de MC en Seguridad	106
5.5.	Mejora de la Disponibilidad de Máquina: Automantenimiento	107
5.5.1.	Datos y gráficos de la Célula 145	112
5.5.2.	Mejoras obtenidas en la Célula 145	115
5.5.3.	Datos y gráficos de la Línea 6 de rectificadoras	115
5.5.4.	Mejoras obtenidas en la Línea 6	118
5.6.	Control de la Calidad. Control Estadístico de procesos (SPC)	119
5.6.1.	Variabilidad del proceso	119
5.6.2.	Hojas de autocontrol	120
5.6.3.	Análisis estadístico	121
5.6.3.1.	Enhebrado de R504614	122
5.6.3.2.	Rectificado del cuello de R523409	125
5.7.	Organización del puesto de trabajo: 5 'S'	128
5.7.1.	1ª S. Seiri: Clasificación	130
5.7.2.	2ª S. Seiton: Orden	132
5.7.3.	3ª S. Seiso: Limpieza	135
5.7.4.	4ª S. Seiketsu: Estandarización	137
5.7.5.	5ª S. Shitsuke: Mantenimiento	137
5.7.6.	Resultados obtenidos	138
6.	Resultados y Conclusiones	140
6.1.	Resultados del capítulo anterior	141
6.2.	Resultados tras implantar DPS	142
6.2.1.	Indicadores de calidad	142
6.2.2.	Indicadores de eficiencia	143
6.2.3.	Indicadores de entregas	144
6.2.4.	Indicadores de seguridad	146
6.3.	Inversión realizada	146
6.3.1.	Formación de los operarios	147
6.3.2.	Proyectos de mejora continua	148
6.4.	Conclusiones y experiencia personal. Trabajos futuros	149
7.	Bibliografía	152
8.	Anexos	154
8.1.	Anexo I: Plano de fabricación y HDM de la referencia R523409	155
8.2.	Anexo II: Plano de fabricación y HDM de la referencia R504614	177
8.3.	Anexo III: Plano de fabricación y HDM de la referencia RE508489	191

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL PROYECTO

En este primer capítulo se enunciará el principal objetivo de este proyecto así como una breve introducción al Sistema de Producción Lean de John Deere, denominado DPS, y un resumen de la realización del proyecto.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL PROYECTO.

El objetivo de este proyecto es la implantación del Sistema de Producción Deere (DPS) en una línea de producción de engranajes de la empresa John Deere Ibérica S.A.

Este nuevo Sistema de Producción, basado en la filosofía Lean Manufacturing, tiene como fin mejorar la actividad productiva que se lleva a cabo en todas las unidades de fabricación que John Deere tiene en el mundo. Esta actividad productiva deberá quedar medida o evaluada por una serie de indicadores que deben mejorar después de la aplicación de DPS.

Mi contribución personal a este proyecto se compone principalmente de estas dos líneas de trabajo:

- Participar activamente dentro de mi equipo de trabajo en la etapa de diseño, planificación y organización de los aspectos que según DPS es necesario llevar a cabo en las líneas de fabricación de engranajes.
- Liderar la implementación física de todo lo planificado a nivel de taller y nivel de operario.

El proyecto estará estructurado de la siguiente forma:

- En primer lugar, capítulo 2, se hará una presentación de John Deere Ibérica S.A. (JDISA) en cuanto a su historia, productos, organización, ventas, etc.
- En segundo lugar, capítulo 3, se explicará en qué consiste el Sistema de Producción de John Deere (DPS). Este capítulo es un extracto de elaboración propia a modo de resumen de manuales y presentaciones que la compañía posee como referencia para la aplicación del DPS. Este capítulo nos ayudará a entender la filosofía y estrategia del DPS, además de servirnos como guía a la hora de realizar el diseño, la planificación y la implantación de los puntos relativos a nuestro ámbito.

En el siguiente esquema se puede observar a grandes rasgos el papel que juega el DPS dentro de una unidad productiva como puede ser John Deere Ibérica:

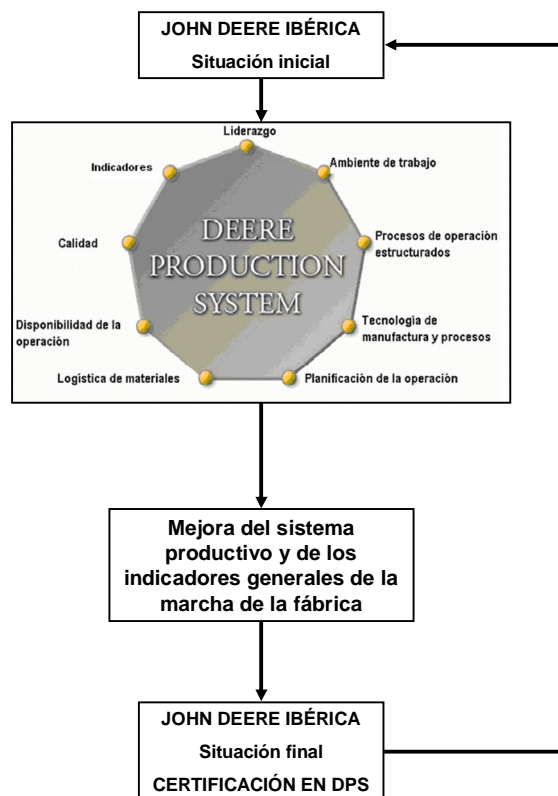


Figura 1.1. Esquema del papel que juega el DPS dentro de John Deere Ibérica

- A continuación, capítulo 4, se describirá el proceso de fabricación de engranajes en John Deere. Después se continuará con la descripción de la célula de mecanizado y posterior línea de rectificado así como los engranajes que se fabricarán en estas líneas. Son estos dos lugares donde se llevará a cabo la implementación del DPS como objeto de este proyecto. Por último, se comentará cómo se planifica la producción de estas referencias.
- En capítulo 5, se encuentra el verdadero núcleo del proyecto. En este capítulo es donde explicará todas las acciones a implantar para llegar a dejar establecido lo que el DPS propugna.

En primer lugar, se definirán los indicadores que se utilizarán a nivel de taller y los objetivos a cumplir por cada uno de los equipos de trabajo. Estos indicadores son los que se evaluarán después de la aplicación de los principios de DPS para ver las mejoras conseguidas y si se cumplen o no los objetivos marcados. A grandes rasgos se pueden englobar en indicadores de Calidad, Eficiencia, Entregas y Seguridad.

A continuación se definirá la nueva forma de organización del trabajo de los operarios y se explicará las bases de su funcionamiento. Se utilizará el concepto de Trabajo en Equipo y tratará de cambiar el enfoque acerca de los resultados que se tratarán de conseguir. En este apartado mi cometido será el de

formar a los trabajadores, explicándoles los fundamentos y objetivos, y constituir los equipos de trabajo.

Una vez definidos la organización del trabajo y sus objetivos de mejora, se pasará a analizar el proceso productivo de cada una de las referencias de engranajes que se tratarán en este proyecto. En este capítulo se aplicará la herramienta de análisis Mapeo de la Cadena de creación de Valor o VSM (Value Stream Mapping). Aquí se podrán obtener oportunidades de mejora de reducción de tiempo de total de obtención del producto así como de reducción de inventarios. Mi aportación será la de construir el Mapa de la Cadena de Valor del estado inicial, analizar las posibilidades de mejora y proponer un Mapa del estado futuro con las posibles mejoras que se podrían obtener.

Una vez analizado y optimizado el proceso productivo, el DPS considera que se puede seguir mejorando. Este aspecto está basado en la filosofía Kaizen o de Mejora Continua que afirma que siempre se puede seguir eliminando actividades innecesarias y que por muy bueno o robusto que sea un proceso hay que seguir mejorándolo. Por tanto, en este capítulo se explicará la implantación y el procedimiento de aplicación de Mejora Continua en nuestro proceso productivo y línea de fabricación de manera que por medio de proyectos concretos se consigan mejoras medibles de los indicadores que se definieron previamente. Como muestra de aplicación de la Mejora Continua se analizará más en profundidad la célula de mecanizado durante un solo trimestre ya que extenderlo a la línea de rectificado y, además, durante toda la duración de este proyecto se haría muy extenso y repetitivo. No obstante, en la realidad se cumple. En este apartado, mi trabajo consistirá en dirigir el proceso de mejora continua, realizando análisis de mejoras y viabilidad y perseguir la implementación de los proyectos elegidos

El siguiente aspecto a tratar, es el de la mejora de la disponibilidad de equipos productivos. Para conseguir buenos datos de productividad es indispensable que las máquinas estén trabajando el mayor tiempo posible sin averías ni interrupciones. La herramienta que DPS aplica en este caso es la del Automantenimiento, y está basada en el cuidado y conservación de las máquinas que puede dar el propio operario que está trabajando con ellas 8 horas al día durante todo el año. El Automantenimiento se aplicará tanto en la célula de mecanizado como en la línea de rectificado. En esta materia, mi labor será la de formar a los operarios, implementar las pautas de automantenimiento en los lugares objeto de estudio de este proyecto, obtener resultados después de la implantación para analizarlos.

A continuación, se analizará la aplicación de una herramienta para el control de la calidad: el SPC o control estadístico de proceso. Así se podrá analizar la estabilidad y fiabilidad de un proceso mediante técnicas estadísticas. Con esto se pretende tener bajo control características críticas y fundamentales del engranaje a la hora de su funcionamiento dentro del motor. En este proyecto se aplicará el SPC en una característica crítica de cada uno de los dos engranajes que se estudiarán. Mi trabajo consistirá en la elaboración de la documentación previa, formación de los trabajadores, recogida de datos y posterior análisis

estadístico con el que tomar decisiones acerca del comportamiento de nuestro proceso.

Por último, se aplicará otra herramienta fundamental no solo en DPS sino en cualquier sistema de producción basado en el principio de Manufactura Esbelta: 5 'S' u Orden y Limpieza del puesto de trabajo. Mediante la eliminación de elementos innecesarios, y la limpieza y orden del puesto de trabajo se conseguirá la eliminación de una gran cantidad de desperdicios y tiempos improductivos, de manera que se favorece la productividad, la calidad y el ambiente de trabajo del propio operario. En este proyecto se aplicará esta herramienta tanto en la célula de mecanizado como en la línea de rectificado. Como en los capítulos anteriores, continuaré con la formación de los operarios, análisis del estado inicial de los lugares de trabajo, propondré mejoras en base a los principios de las 5 'S', dirigiré los trabajos a realizar, y analizaré los resultados de los avances realizados.

A modo de resumen, en el siguiente esquema se puede observar la estructura básica de este capítulo:

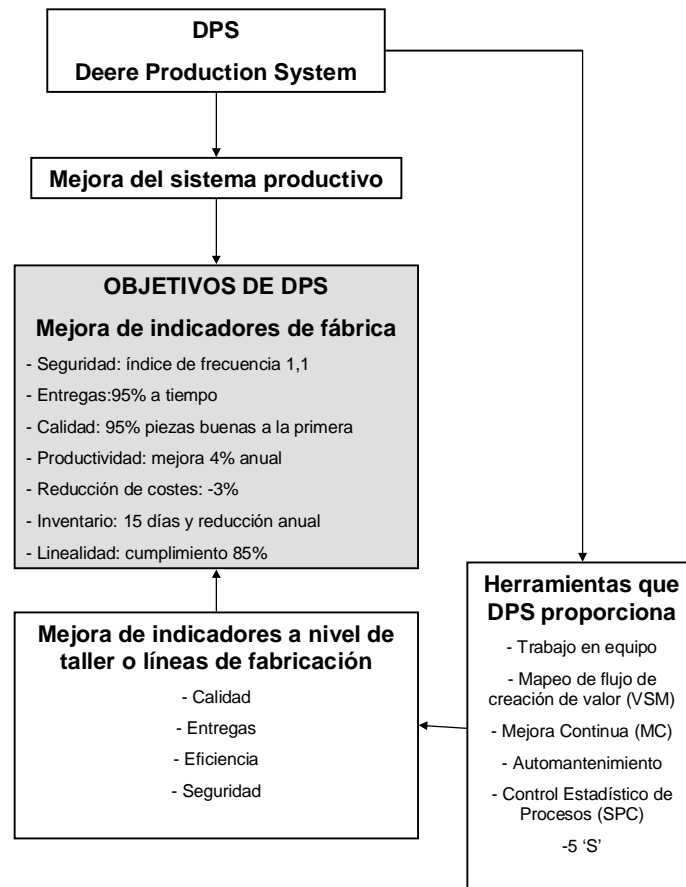


Figura 1.2. Esquema del capítulo 5 donde se muestran y se encuadran los objetivos del DPS.

En el capítulo 6, se hará una valoración de resultados obtenidos, mejoras conseguidas en cada uno de los indicadores a valorar y un análisis de la consecución o no de los objetivos propuestos.

Y por último, en el capítulo 7, se hará una valoración general y subjetiva del proyecto mediante una serie de conclusiones obtenidas y experiencia personal.

A continuación, figura el plan de realización del proyecto:

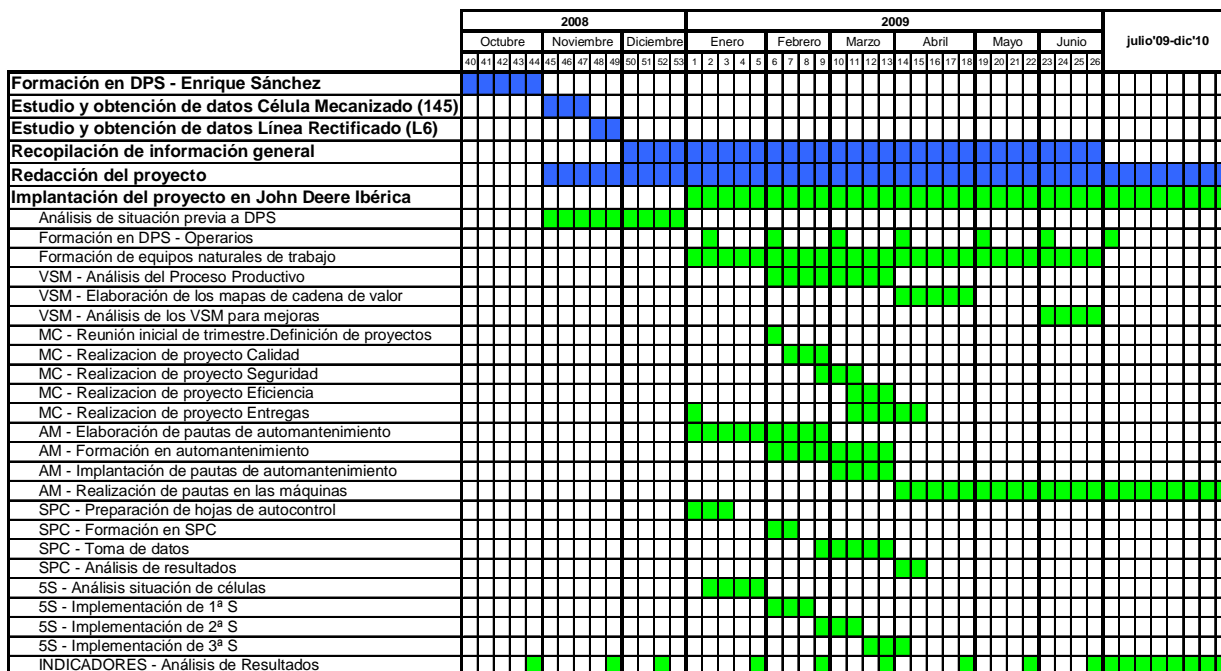


Figura 1.3. En azul se puede observar el plan de realización del proyecto y en verde su implantación en fábrica

En primer lugar, figura el plan de realización de mi proyecto fin de carrera para lo cual ha sido necesario recibir una formación específica en DPS dentro de la fábrica. A continuación, he necesitado recopilar información previa relativa a la célula de mecanizado y la línea de rectificado lugar donde se llevará a cabo este proyecto. La redacción del proyecto comienza en el momento en que finaliza la formación y donde se irá reflejando qué se deberá hacer en cada momento y donde para ir aplicando los conceptos requeridos por DPS. En paralelo, se comenzará la implantación del proyecto en la fábrica de donde he ido recopilando datos e información que serán incluidos en la redacción final del proyecto. Por último, en este plan figura los pasos a dar para la implantación física del DPS en la fábrica.

2. PRESENTACIÓN DE JOHN DEERE IBÉRICA

En este capítulo se hará una breve presentación de la compañía John Deere en el mundo y de la fábrica que se encuentra en España, lugar donde se llevará a cabo este proyecto. Se podrá conocer a grandes rasgos su historia, qué productos se fabrican, estructura y organización de la fábrica, clientes y mercado.

2. PRESENTACION DE JOHN DEERE IBÉRICA

2.1. John Deere en el mundo.

John Deere es el primer fabricante mundial de maquinaria agrícola y de equipos para la mecanización de espacios verdes, y uno de los principales productores de maquinaria para construcción y de maquinaria para explotaciones forestales. Las actividades de la compañía incluyen la fabricación y comercialización de motores y transmisiones, servicios financieros, seguros sanitarios y la división de nuevas tecnologías.

Actualmente Deere & Company se encuentra presente en todo el mundo y proporciona empleo directo a 50.000 personas aproximadamente, y dispone de una red de más de 60 fábricas y centros de producción, y más de 5.000 concesionarios para dar servicio a sus clientes. Las acciones de Deere & Company cotizan regularmente en los mercados de Nueva York, Chicago y Frankfurt.

John Deere fue fundada en el año 1837 y, desde entonces, su sede central se encuentra en Moline, estado de Illinois en Estados Unidos. Una gran parte de sus fábricas se encuentran repartidas por los estados de Illinois y Iowa, dentro de Estados Unidos, zona de gran influencia agrícola donde se produjo el verdadero desarrollo de la compañía. Actualmente, tiene centros de producción distribuidos por todo el mundo, desde Sur y Centro América, África, Asia, Rusia y Europa. Si bien, John Deere es conocido sobre todo por su liderazgo en el sector agrícola, forestal y de espacios verdes, también esta fuertemente introducido en los sectores de la maquinaria de construcción y obra civil y de motores.

A continuación se muestran diferentes productos de John Deere:



Figura 2.1. Tractores



Figura 2.2. Cosechadora



Figura 2.3. Maquina forestal



Figura 2.4. Maquinaria construcción



Figura 2.5. Espacios verdes y sector residencial



Figura 2.6. Motores.

2.2. John Deere Ibérica.

Deere & Company cuenta con una fábrica situada en Getafe al sur de Madrid, cuyo nombre es John Deere Ibérica S.A. Esta factoría se dedica a la producción de componentes de alta calidad que son exportados a otras factorías de la Compañía. Gracias al importante volumen de estas exportaciones, John Deere Ibérica, S.A., figura entre las primeras empresas exportadoras de España.



Figura 2.7. Vista aérea de la fábrica de John Deere Ibérica.

Las instalaciones de la factoría ocupan una superficie cubierta de 60.000 m² sobre un área total de 20 hectáreas de parcela. La fábrica, en la que trabajan cerca de 1000 personas, está constituida por 4 divisiones de producción especializada que incluyen diversos componentes y conjuntos de alta tecnología y calidad. Cuenta con 488

máquinas herramientas entre las que se encuentran: centros mecanizados, tornos de control numérico, talladoras y afeitadoras de engranajes, rectificadora. La factoría cuenta además con varios hornos para Tratamientos Térmicos.

La totalidad de la producción tiene como destino otras factorías de la compañía en Alemania, Francia, EE.UU., Argentina, México y Brasil, lo que incluye a John Deere Ibérica, S.A. entre las 160 primeras empresas exportadoras de nuestro país.

La red comercial está formada por 110 Concesionarios y más de 200 puntos de servicio, en los que trabajan permanentemente más de 1.300 profesionales, que son formados en las instalaciones de la compañía para atender las necesidades sus clientes en cualquier punto de España y Portugal.

2.3. Historia de John Deere Ibérica.

John Deere fue fundada en 1837 en Illinois (USA) y comenzó su expansión internacional en 1950. Por entonces, se había constituido Lanz Ibérica en Getafe, para la fabricación de tractores, que posteriormente es adquirida por John Deere en 1962.

Dicha fábrica, en la que desde 1956 se producían los famosos tractores Lanz Bulldog, se destinó a la producción de tractores para el mercado español y así, en 1963, salió de la cadena de montaje el primer tractor John Deere fabricado en España, una unidad modelo JD 505.

En esta época, España estaba aislada internacionalmente, por lo que para crear su propia industria, impulso fuertes restricciones a la importación de bienes de equipo: fuertes impuestos arancelarios a la importación y creación de “cupos”. El gobierno exigía un 90% de contenido nacional para la fabricación de automóviles y tractores. Este hecho condicionó la creación y rápido crecimiento de industria auxiliar de la industria de la automoción. En estas condiciones la fábrica de tractores de John Deere en España fabricaba sus motores, transmisiones y mandos finales, complementando esta actividad con el montaje de motores y transmisiones, así como, el montaje de chasis, pintura y montaje final. El 10 % exento del organismo nacional se complementaba con la compra de componentes de alta precisión como son retenes, rodamientos y piezas específicas de motores.

Con estas condiciones el mercado español se lo disputaban Ebro y John Deere, únicos fabricantes de tractores en España.

Los productos de la marca John Deere demostraban día a día su rendimiento y calidad en los campos de la agricultura española, y ya en el año 1972 encabezaba las listas del mercado de cosechadoras y empacadoras. Dos años más tarde el liderazgo aumentaba, y John Deere encabezaba por primera vez el mercado de tractores de ruedas en España, posición de líder que se ha mantenido año tras año desde entonces. Esta situación continúa hasta los años 80, en los que las condiciones de producción y el mercado de tractores, sufren una tremenda transformación, debido principalmente a la petición por parte de España de integrarse en la Comunidad Económica Europea.

Con el paso de los años, la fábrica de Getafe había ido produciendo las distintas series de tractores de John Deere: La Serie 10, la Serie 20 (1969), la Serie 30 (1973), la Serie 35 (1975), la Serie 40 (1980) y, finalmente, la Serie 50 (1987). En el año 1988 la actividad de la unidad comercial de John Deere Ibérica, S.A., se diversifica mediante la creación de la nueva división de Espacios Verdes, destinada a comercializar productos para el cuidado de jardines.

Otro momento clave de la compañía en España fue la apertura del Centro de Formación de John Deere en Toledo en el año 1989. A él asisten más de 1.000 personas al año a los distintos programas de formación que se preparan tanto para empleados y concesionarios, como para clientes y estudiantes de escuelas agrarias.

La abertura de las fronteras a la importación de tractores, así como, la bajada del porcentaje de contenido nacional en la producción de los mismos, permite la entrada de productos de los países del Este, lo cual hace que el mercado se vuelva tremendamente competitivo, debido a los bajos precios de los productos importados.



Figura 2.8. Tractores de exposición en la entrada a la fábrica.

Estos acontecimientos coinciden con una recesión a nivel mundial del mercado agrícola, por lo que perdió sentido para Deere & Company mantener en Europa dos fábricas (Manheim y Getafe) haciendo los mismos productos para el mismo mercado (Europa) y con exceso de capacidad en ambos, debido a la recesión.

En el año 1992 se decide centralizar la producción de los tractores de la nueva Serie 6000 en la factoría de Mannheim (Alemania). En Deere & Company toman la decisión de transformar John Deere Ibérica en una fábrica de componentes para los distintos productos John Deere. Ésta transformación se hizo por fases. De ser JDISA una fábrica integral de tractores, pasa a importar los motores de JD Sarán (Francia) y más tarde las transmisiones y mandos finales de JD Mannheim (Alemania).

Se llega a un acuerdo con el Comité de Empresa para la recolocación de la mano de obra sobrante a los nuevos puestos de trabajo creados para la fabricación de los nuevos componentes. De este modo JDISA pasa a ser una compañía competitiva debido a su calidad, entrega y precio.

En 1994 sale de la fábrica de Getafe el tractor nº 181.558, una unidad JD 2650M, último tractor que hasta hoy se ha producido en sus instalaciones. A partir de

esta fecha y hasta nuestros días la factoría de Getafe pasa a producir exclusivamente componentes para otras fábricas John Deere en todo el mundo.

Actualmente, se trata de una fábrica fuertemente especializada en la fabricación, diseño e ingeniería de ejes y engranajes y cajas de transmisión de potencia hasta tal punto que en su estrategia de cara al futuro trata de ser el centro de excelencia de todo este tipo de productos dentro de Deere & Company.

2.4. Principales clientes

John Deere Ibérica (JDISA), como se ha citado anteriormente, se dedica a la fabricación de componentes para los distintos productos de John Deere (JD). Gracias a la excelente calidad de sus productos, la fábrica de Getafe ha adquirido una posición de especial importancia en el organigrama industrial de Deere & Company, y hoy en día miles de máquinas vendidas en todo el mundo llevan componentes procedentes de sus líneas de producción.

Los clientes principales de John Deere Ibérica a los cuales dedica la producción de componentes, clasificados por Unidades Estratégicas de Negocio son:

- División de Cosechadoras (Harvesting) que presenta el 53% de la producción de JDISA. Para los clientes de esta división se fabrican cajas ligeras, cajas pesadas y enganche de tres puntos.
- División de maquinaria de construcción y explotación de bosques (C&F) que representa el 18% de la producción. A los clientes de esta división se les sirven cajas ligeras.
- John Deere Power System (JDPS), división dedicada a motores, que representa el 13%. Para estos clientes se fabrican engranajes de la distribución.
- División de tractores agrícolas (Trac & Imple) que representan el 12%.
- División de equipos de mecanización de espacios verdes (C&CE) que representa el 4% de la producción de JDISA para los cuales se fabrican cajas pesadas.

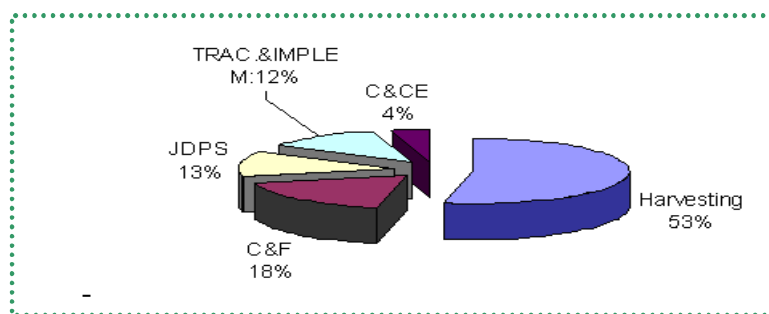


Figura
Distribución de

que se fabrican en John Deere Ibérica en función del cliente

2.9.
los productos

2.5. Organización de la fábrica

La organización de la parte productiva de la fábrica se compone de divisiones o minifábricas especializadas en grupos de componentes. Se produce la descentralización de algunos servicios como control de la producción, ingeniería de fabricación, mantenimiento, calidad y embarque que pasan a depender directamente de estas minifábricas, pero manteniendo una mínima estructura centralizada para administración y planificación. El organigrama de la empresa queda de la siguiente manera:

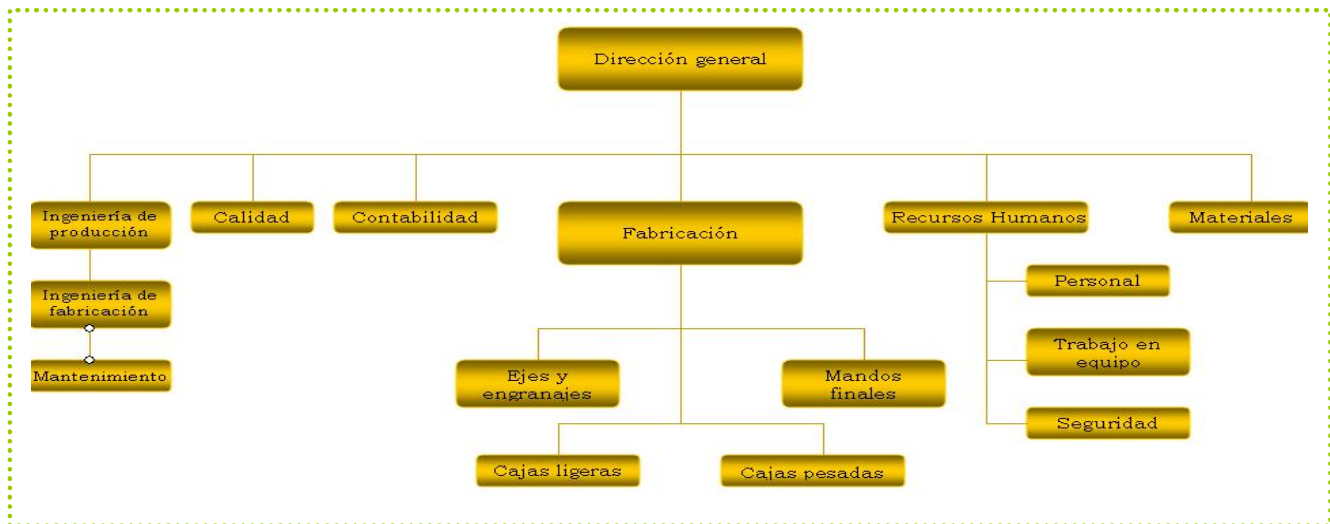


Figura 2.10. Organización de la estructura de John Deere Ibérica

El gerente de cada minifábrica es responsable de:

- La calidad de sus productos ante sus clientes atendiendo a las reclamaciones de los mismos.
- Entregas a tiempo de los pedidos que llegan a través del CWIS (Company Worldwide Interfactory System), clase de EDI (intercambio electrónico de datos) a la medida de las necesidades de John Deere.
- Costes, impulsando programas de ahorro tanto en material como en mano de obra (mejora del método) para asegurar, no sólo la competitividad de los productos que cada minifactoría produce, sino también abrir mercados nuevos.
- Adquisición de producto., para sostener el crecimiento de la empresa y asegurar su continuidad en el futuro.

Bajo estas premisas se crean las siguientes minifábricas:

- Cajas Pesadas: Transmisiones y/o cajas de cambio que por definición pesan más de 100 kg. Los productos donde se incorporan son cosechadoras de grano, algodón grano y forraje.
- Cajas Ligeras: Transmisiones y/o cajas de cambio que por definición pesan menos de 100 kg. Los productos donde se incorporan son Empacadoras,

Cosechadoras de grano y algodón, Maquinaria de obra pública, Cortadoras de césped, Desbrozadoras rotativas.

Para la fabricación de estos componentes se lleva a cabo un proceso muy preciso de mecanizado de piezas y montaje. El perfecto funcionamiento de las transmisiones ligeras y pesadas se asegura sometiendo los conjuntos a estrictos controles de calidad y rigurosas pruebas, en las propias líneas de montaje final.

- Mandos Finales y Enganche Tres Puntos: Los Mandos Finales transmiten el movimiento de la transmisión de la máquina a las ruedas y se suministran para su montaje en motoniveladoras, cosechadoras de cereales y algodón y palas cargadoras y movimientos de tierra. Las piezas para el enganche de tres puntos, tales como barras de tiro, tensores laterales, tensores centrales y estabilizadores para tractores agrícolas.
- Ejes y engranajes: Ejes y engranajes utilizados en las transmisiones y/o cajas de cambio de las divisiones de Cajas Pesadas y Ligeras (cliente interno). También fabrica todos los engranajes de distribución que llevan los 200.000 motores diesel que John Deere produce anualmente.

La materia prima son piezas de forja y aceros de alta calidad, y la clave de la fabricación de estos componentes se basa en una mecanización de precisión, minuciosidad en los procesos de tratamiento térmico y un control de calidad continuo y riguroso.

El sistema productivo está enfocado a los productos, de manera, que cada división está organizada en módulos, grupo de células, procesos y personas especializadas en la fabricación de un tipo de productos similares en características, aplicación...En la división de Ejes y Engranajes, en la que desarrollamos nuestro proyecto, tenemos 5 módulos, como se indica en el layout adjunto.

- Engranajes del motor.
- Engranajes de transmisión.
- Ejes y coronas.
- Rectificadoras.
- Tratamientos térmicos.

Se incluye un layout de la División de Ejes y Engranajes en el que se distinguen el espacio que ocupa cada uno de los módulos.

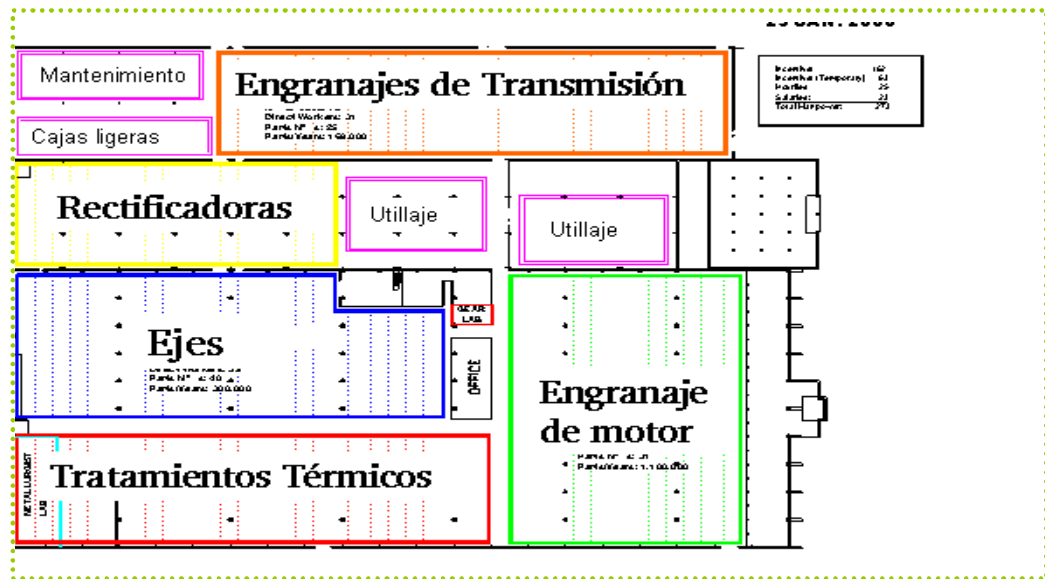


Figura 2.11. Lay-Out de la minifábrica de Ejes y Engranajes

2.6. Mercado

Como se ha mencionado anteriormente, JDISA es una factoría dedicada a fabricar componentes para maquinaria agrícola, industrial y de espacios verdes, por lo que cualquier variación de las ventas del producto final afecta a las ventas de la propia factoría. Además para poder hacer una previsión de las ventas o un simple análisis de las mismas se debe considerar que el mercado agrícola es cíclico.

El mercado de John Deere Ibérica está dividido en 3 regiones:

- Norte América y México (NAFTA) que representa el 62% del volumen de ventas.
- Región I que comprende Sudamérica (MERCOSUR) y representa el 8% del volumen de ventas.
- Región II que comprende Europa, Oriente Próximo y África y representa el 30% de volumen de ventas.
- Asia, principalmente China e India, mercados en fase de desarrollo y crecimiento.

3.DEERE PRODUCTION SYSTEM (DPS): TEORÍA, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA.

La competitividad existente en el sector industrial, y en todos, es absoluta. Cada vez son más exigentes las especificaciones y requerimientos del cliente en cuanto a calidad, precio, plazo de entrega, características técnicas, etc. Por esta razón, Deere & Company decidió implantar una estrategia productiva que afectara a todas sus fábricas por igual de manera que todos y cada uno de sus productos sean fuertemente competitivos. Esta estrategia global es el Deere Production System (DPS).

Por tanto definiremos el DPS como la cultura o filosofía de fabricación basada en el concepto Lean Manufacturing para la producción que Deere & Company esta implantando de manera estandarizada en todas sus unidades productivas a nivel mundial.

Este capítulo es de elaboración propia a partir de varios extractos del manual, cursos y presentaciones acerca de DPS que todos los empleados de Deere & Company tenemos acceso.

3. DEERE PRODUCTION SYSTEM

3.1. Necesidad y Objetivos del DPS

Es necesario, por tanto, que una empresa moderna se adapte constantemente a los cambios que la industria ofrece y que son producto de las cada vez más exigentes peticiones del cliente. Este camino ya lo abrió Toyota con su famoso Sistema de Producción, de manera que la mayoría de grandes fábricas lo han aplicado en mayor o menor medida ya que su éxito está más que demostrado.

Para que una empresa sea capaz de crecer y obtener ganancias debe satisfacer a su cliente en todo momento e incluso superar sus expectativas. Para ello es necesario brillar en los siguientes puntos:

- Calidad: este es un aspecto vital. El aseguramiento de la calidad es aspecto innegociable ya que sin él no hay cliente. Por muy barato que se venda un producto si no cumple con sus características funcionales y especificaciones técnicas no tendrá ningún futuro en el mercado. Es muy importante crear una imagen de marca sinónimo de calidad.
- Coste: para competir en precio es necesario reducir el coste unitario del producto que se ofrece. Esta es una variable fundamental la cual debe estar calculada de forma lo más real posible, ya que está estrechamente relacionada con otros factores que afectan a la competitividad.
- Entregas: todas las empresas tienen bastante claro lo que supone el coste de los inventarios en el balance de la cuenta de resultados. Por ello, es muy importante poder entregar un producto en la cantidad y plazo exactos. Este es un aspecto que cada vez se valora más y que en muchos casos puede ser incluso más determinante que el precio.
- Servicio Post-Venta: es muy importante que después de la venta haya un correcto asesoramiento técnico, una garantía lo más completa posible, una disponibilidad absoluta de repuestos y una rápida capacidad de respuesta ante cualquier incidencia que le surja al cliente. Este servicio supone un coste añadido, pero que en muchos casos puede ser determinante en la venta.
- Flexibilidad: o capacidad de adaptación a los cambios que le surjan al cliente como tamaños de lote, plazos de entrega, modificaciones técnicas, etc. Esto nos permitirá mantener el cliente y su confianza.
- Innovación y desarrollo: la posibilidad de abarcar proyectos desde su concepción hasta su implantación en fábrica permite una exclusividad que conlleva un posicionamiento ventajoso de cara a la competencia respecto del cliente.

Ante este panorama, Deere & Company ha desarrollado su propia cultura de organización y funcionamiento de todas sus unidades productivas: el DPS o Deere

Production System. Una cultura que busca un enfoque sencillo a de la gestión productiva de manera que sean visibles y evidentes las ineficacias del sistema. Conceptos como el kanban, el control estadístico de procesos o la fábrica visual ayudan mucho. Con esto se intenta en todo momento buscar una transparencia tal que sea fácil encontrar la causa raíz de los problemas para poder solucionarlos a tiempo y de manera definitiva. A pesar de todo este tiempo empleado, todo aquello que se solucione fomentará la mejora continua del sistema productivo.

El objetivo que se quieren alcanzar con el DPS es el de conseguir unidades productivas que sean capaces de suministrar productos de calidad, en el momento y cantidad que el cliente requiere y a un precio lo más bajo posible. Por tanto es imprescindible eliminar al máximo todo tipo de despilfarros o aspectos innecesarios que no hacen otra cosa que dificultar la gestión, consumir recursos, disminuir la calidad e incrementar costes. Se persiguen unos recursos mínimos absolutos o Teoría de los Cinco Ceros:

- Cero tiempo al mercado o entrega a tiempo
- Cero defectos o calidad total
- Cero pérdidas de tiempo o reducción del tiempo total de proceso y eliminación de reprocesos o repetición de trabajos.
- Cero papel de trabajo o eliminación de burocracias innecesarias y flujo natural de material.
- Cero stocks.

Como política prioritaria y de compromiso con el trabajador, hay que añadir un nuevo cero a esta lista y es: Cero accidentes de los trabajadores.

Como forma de medir la correcta consecución de estos objetivos estos son los puntos que se han de conseguir para que JDISA logre su certificación en DPS:

- Índice de frecuencia de accidente con baja: 1.1 accidentes por millón de horas trabajadas.
- Entregas a tiempo: 95%
- Calidad: 95% de piezas buenas a la primera o sin reprocesos
- Linealidad: 85% de cumplimiento del programa diario
- Inventario: 15 días de inventario de media en la fábrica y un % de reducción
- Productividad: 4% de mejora anual entre hrs. producidas/hrs. trabajadas.
- Reducción de costes: 3%

El DPS se debe tomar de manera progresiva y gradual y siempre a medio-largo plazo, como cultura que es y que es necesario implantar para ser competitivos dentro de un mercado cada vez más globalizado y con más y nuevos rivales.

3.2. Estructura del DPS.

El DPS está compuesto por 8 aspectos fundamentales y una serie de indicadores que miden la correcta marcha del sistema.



Figura 3.1. Composición de los puntos que configuran DPS

A continuación se explicará cada uno de estos aspectos.

3.2.1. Liderazgo.

Como punto de partida de este cambio cultural se encuentra el papel que asumen los principales dirigentes y líderes activos que llevan el rumbo de la fábrica. Ellos son los responsables de activar, dirigir y medir el cambio cultural que supone la implantación del DPS. Deben involucrar y concienciar a todos los trabajadores de la importancia de este cambio así como informar del estado semanal en que la fábrica se encuentra.

Cada punto del DPS se encuentra liderado por uno o varios líderes los cuales se corresponden con gerencias de las diferentes áreas organizativas de que consta JDISA. Estos son los líderes del DPS:

Puesto en la empresa	Componente
Director general.	Tamara Hedgren
Gerente fabricación.	Mario de Miguel.
Gerente división Ejes y Engranajes	Mateo Alda
Gerente división Cajas de Transmisión Pesadas.	Juan Ignacio García
Gerente división Cajas de Transmisión Ligeras.	Alfonso Herguedas
Gerente división Mandos Finales y Enganche Tres Puntos	Jorge Martín
Gerente de Ingeniería de Productos.	Fernando López Bris

Gerente de Ingeniería de Fabricación.	Javier Ferrero.
Gerente de Mantenimiento.	Juan Miguel Alonso.
Gerente de Calidad.	Dolores Delgado.
Gerente de Materiales.	Alfonso Camilleri.
Gerente de Recursos Humanos.	Enrique Saldaña.
Gerente de Personal.	Luís Fernández.
Gerente de Trabajo en Equipo.	José Antonio Campos.
Gerente de Seguridad.	Ángel Rodríguez.
Gerente de Contabilidad.	Carlos Hernando.

Figura 3.2. Composición de la dirección de John Deere Ibérica

Las funciones de estos líderes son:

- Comprender ampliamente los 9 elementos del Sistema de Producción Deere
- Ser capaces de explicar como el DPS mejorara el desempeño de la fabrica
- Alinear el DPS a los objetivos de la fabrica y establecer expectativas claras para cada área
- Adoptar los 7 indicadores del DPS y comunicar a todos periódicamente los resultados
- Elaborar un Plan Estratégico para la Fabrica con visión a 3-5 años
- Apoyar los proyectos DPS identificados y eliminar obstáculos para su implantación
- Jugar un papel activo y visible participando en auditorias y reuniones de seguimiento
- Desarrollar cada año un plan de formación en DPS para todos aquellos que les reportan
- Promover una cultura de Mejora Continua en toda la organización
- Reconocer y comunicar los logros alcanzados

3.2.2. Ambiente de trabajo.

El ambiente de trabajo se entiende como el lugar donde los trabajadores desarrollan su habitual desempeño. Su puesto de trabajo debe ser seguro, ergonómico y correctamente organizado. No obstante, este debe estar dentro de un proceso de mejora continua, es decir, bajo la filosofía de que siempre se puede mejorar.

3.2.2.1. Seguridad, ergonomía y medio ambiente.

Cuando se vaya a realizar el diseño del puesto de trabajo se debe hacer incorporando principios ergonómicos. Ha de adaptarse los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores

Debe desarrollarse un proceso formal para la gestión integral de seguridad, su objetivo es prevenir riesgos que podrían afectar a la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

En John Deere Ibérica la seguridad en el trabajo se mide mediante el Índice de Frecuencia (número de accidentes con baja por millón de horas trabajadas) y el Índice de Gravedad (número de días de baja por millón de horas trabajadas). Así se consigue saber la efectividad de los mecanismos preventivos que la fábrica ha implementado con el fin de evitar accidentes.

Se va haciendo un seguimiento con el consiguiente reporte mensual de resultados. Tenemos de ejemplo los datos que se obtuvieron en el mes de octubre y que vienen representados gráficamente a continuación.

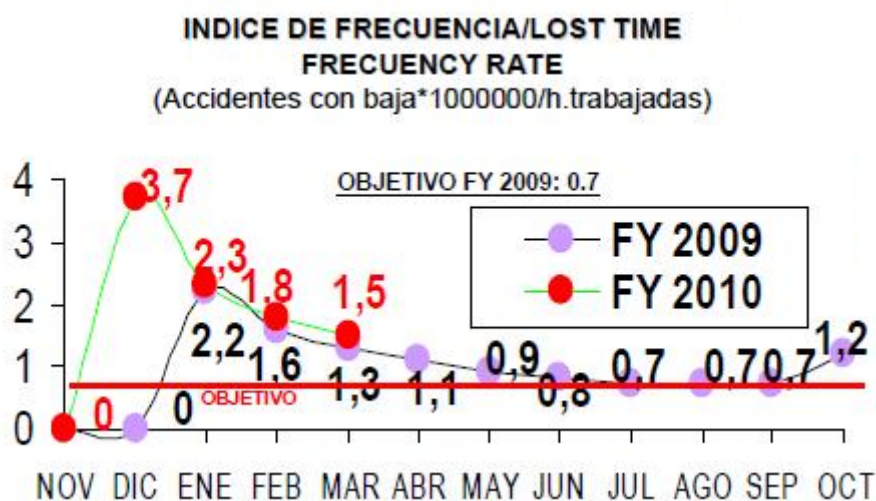


Figura 3.3. Gráfico de la evolución de la accidentalidad en el año 2010 y comparativa con la del año 2009

Esta gráfica muestra los valores obtenidos en los meses de octubre desde 1989 hasta el año 2006, como vemos el número de accidentes a disminuido considerablemente, aunque respecto al año 2005, el valor del índice de frecuencia del último octubre ha sido 3.6 puntos superior.

También ha aumentado 116 puntos respecto al año anterior el Índice de Gravedad, pues han sido accidentes con bajas de mayor duración, y por tanto, se consideran de mayor gravedad.

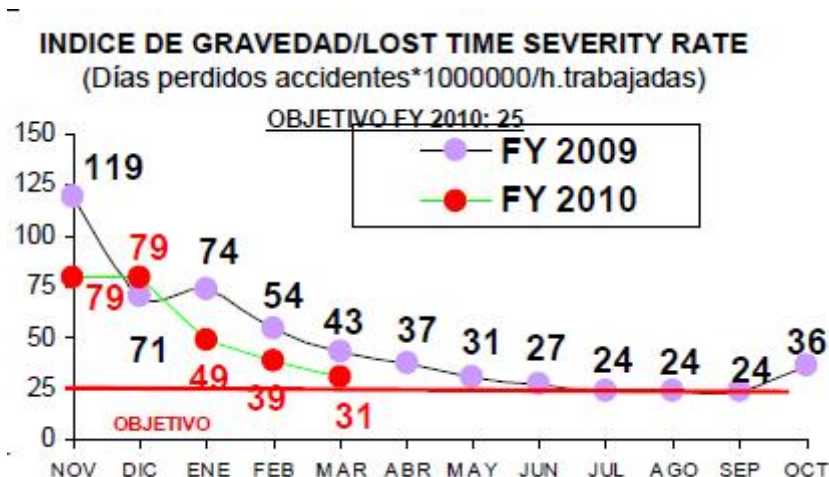


Figura 3.4. Gráfico del índice de gravedad del año 2010 y comparativa con la del año 2009

También ha aumentado 116 puntos respecto al año anterior, pues han sido accidentes con bajas de mayor duración y por tanto gravedad.

John Deere Ibérica hace tiempo que intenta conseguir una Cultura de Prevención, a través de una correcta capacitación en el puesto de trabajo, una formación de seguridad exhaustiva en materia de Prevención de Riesgos Laborales, así como el cumplimiento de todas las normas de seguridad y campañas continuas de sensibilización para realizar buenas prácticas, principalmente en el uso de los Equipos de Protección Individual. Hay que añadir que se han establecidos procedimientos de comunicación de situaciones de riesgo de los que se tenga conocimiento. Solamente actuando de esta forma se puede lograr la meta de “0 accidentes”.

Los accidentes afectan tanto en la caída de la productividad, como en las pérdidas financieras, pues una reducción notable en los accidentes, como en la probabilidad de que ellas tengan lugar reducirá notablemente el coste de las primas de seguro para la empresa; y por supuesto, en la imagen de la empresa.

3.2.2.2. Organización del lugar de trabajo.

En este aspecto ya antes de la implantación del DPS se había pasado de una organización en torno a funciones, a hacerlo en torno a procesos. La distribución física de las máquinas en la planta de producción está hecha por grupos de células y tecnología de grupos. En vez de contar con departamentos especializados en una operación, se busca trabajar con todas las operaciones en un solo lugar, formando “fabricas en miniatura” completas. De esta forma, los elementos de cada familia de productos pueden pasar de un proceso a otro más fácilmente, ya que los procesos están situados de forma adyacente, logrando así reducirse la cantidad de productos en curso y el plazo de fabricación.

La organización no sólo consiste en la distribución de las máquinas en la fábrica sino que el lugar de trabajo debe estar organizado y estandarizado. Hay que concienciar a todo el personal y explicarles las herramientas para conseguirlo, como es la práctica de las 5S's:

- 1ªS-Clasificación: retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, algunos serán reutilizados y otros eliminados.
- 2ªS-Orden: Organizar los elementos que necesitamos para trabajar, de manera que se puedan encontrar con facilidad. Se sigue la premisa de “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”.
- 3ª-Limpieza: No se trata únicamente de eliminar la suciedad, sino de buscar las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias. Por tanto, implica la identificación de problemas como escapes, averías, defectos...
- 4ªS-Estandarización: Se obtienen cuando se cumplen los tres elementos anteriores. Para conseguirlo se pueden utilizar fotografías o desarrollar normas, para visualizar fácilmente las condiciones óptimas o que especifiquen lo que debe hacer cada empleado en su área de trabajo, respectivamente.
- 5ªS-Disciplina: Evitar que se rompan los procedimientos y normas implantados.

En un área altamente organizada, es más fácil detectar: funcionamiento de máquinas y equipos, condiciones inseguras de trabajo, cuellos de botella, problemas de calidad., oportunidades ergonómicas, exceso de inventario, etc...

No es cuestión de apariencia únicamente, sino que provee un lugar de trabajo más placentero para todos, en el que se consigue un funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas.



Figura 3.5. En primer lugar se muestra un puesto de trabajo desordenado y sucio y a continuación otro después de aplicar las 5 S.

3.2.2.3. Equipos Naturales de Trabajo.

Se definen y reparten roles de responsabilidades a la administración del taller a través de Equipos Naturales de Trabajo. Se trata de una nueva forma de organización

del trabajo, en el que la coordinación de la responsabilidad individual, se traslada al grupo de personas que trabajan en el mismo.

Las nuevas tendencias laborales y la necesidad de reducir costos, llevaron a las empresas a pensar en los equipos como una forma de trabajo habitual, pues alcanzar y mantener el éxito en las organizaciones modernas requiere talentos prácticamente imposibles de encontrar en un solo individuo.

Las nuevas estructuras de las organizaciones, más planas y con menos niveles jerárquicos, requieren una interacción mayor entre las personas, que sólo puede lograrse con una actitud cooperativa y no individualista.

Estos equipos lo forman trabajadores de áreas determinadas o ciertos grupos de células, que comparten objetivos comunes y se benefician de las mejoras económicas que se obtengan tanto por aumento de productividad como por reducción de costes que sean imputables al trabajo en equipo. La participación en estas mejoras podrá ser económica en el tiempo libre u otras de carácter similar tal y como se determine en el sistema de pagos del trabajo en equipo.

Los trabajadores asignados a un equipo de trabajo tendrán derecho a formación a cargo de la empresa, en función de las tareas que hayan de realizar (metodológica, social, general y técnica).

En la asignación de funciones a los miembros del equipo se tendrá en cuenta las condiciones profesionales y personales de sus componentes de modo que ningún trabajador será excluido de un equipo porque sean menores sus habilidades o capacidad, de forma que nunca se pueda ver menospreciado en su trabajo.

3.2.2.4. Mejora Continua de las Operaciones (Kaizen).

La Mejora Continua o Kaizen (palabra japonesa que significa “cambio para mejorar”), parte de la filosofía o mentalidad que dice que por muy bueno o robusto que sea un proceso productivo siempre se puede mejorar en algo. Este pensamiento, asociado al concepto de Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing, involucra a todas las personas y todos los departamentos que componen una empresa y se puede aplicar no solo a compañías dedicadas a la fabricación industrial, sino a otras pertenecientes a cualquier sector.

Con la Mejora Continua se persigue la optimización de los procesos mediante la eliminación o reducción de operaciones que no añaden valor al producto (transportes, esperas, inventarios, cambios y preparaciones), para obtener resultados óptimos y medibles en Calidad del producto, Eficiencia de la producción, Entregas justo a tiempo y Seguridad del trabajador.

Existen herramientas para llegar a estos resultados como el CI Maps (programa informático que ayuda al registro de acciones, resultados y seguimiento de proyectos), “GAP Análisis” o procedimiento de análisis que nos permite alcanzar las causas raíces de los problemas o métodos básicos de estadística, como es el uso del SPC (Control

Estadístico de Procesos), que nos ayudarán a medir y registrar en qué estado se encuentran nuestros parámetros.

La estructura para realizar los proyectos de mejora, frecuentemente es usar un equipo multidisciplinario. En esta clase de equipos intervienen trabajadores de las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo como supervisores, operadores, personal técnico de mantenimiento, compras o almacenes, proyectos, ingeniería de proceso y control de calidad

En John Deere Ibérica los Equipos de Mejora Continua están formados a partir de portavoces de los Equipos de Trabajo Naturales (ENT), un coordinador de Mejora Continua o Trabajo en Equipo, un supervisor de equipo, un ingeniero de producción, un representante de Mantenimiento y un comprador táctico.

Cada Equipo de Mejora Continua debe idear trimestralmente un proyecto referente a:

- **Calidad**: Se llevarán a cabo proyectos que impacten y mejoren parámetros de calidad como PPMs que llegan al cliente, piezas a la chatarra o Scrap, cantidad de piezas que hay que reprocesar o FPY (First Part Yield o piezas buenas a la primera).
- **Entregas**: es fundamental entregar al cliente el producto que necesita en el momento que lo necesita. Retrasos en las entregas pueden tener efectos muy perniciosos de manera que hay que procurar eliminarlos. Para ello los medibles que hay que vigilar son media de días de retraso, disponibilidad operativa de célula o línea y linealidad (o medida de cumplimiento de la programación de la producción)
- **Seguridad**: se acometerán proyectos que ayuden mejorar la seguridad e higiene del puesto de trabajo. Se disminuirán o eliminarán posibles riesgos para el trabajador y se mejorará ergonómicamente sus posiciones y movimientos. El medible que se debe mejorar es la puntuación en las auditorías de seguridad que se realizan periódicamente.
- **Eficiencia**: Los medibles que se utilizarán son productividad o aprovechamiento de la célula. Los equipos usarán el mapa de flujo de valor para identificar oportunidades de eliminación de desperdicios (o gastos inútiles). Mejorarán el tiempo de ciclo reduciendo retrasos y actividades sin valor añadido.

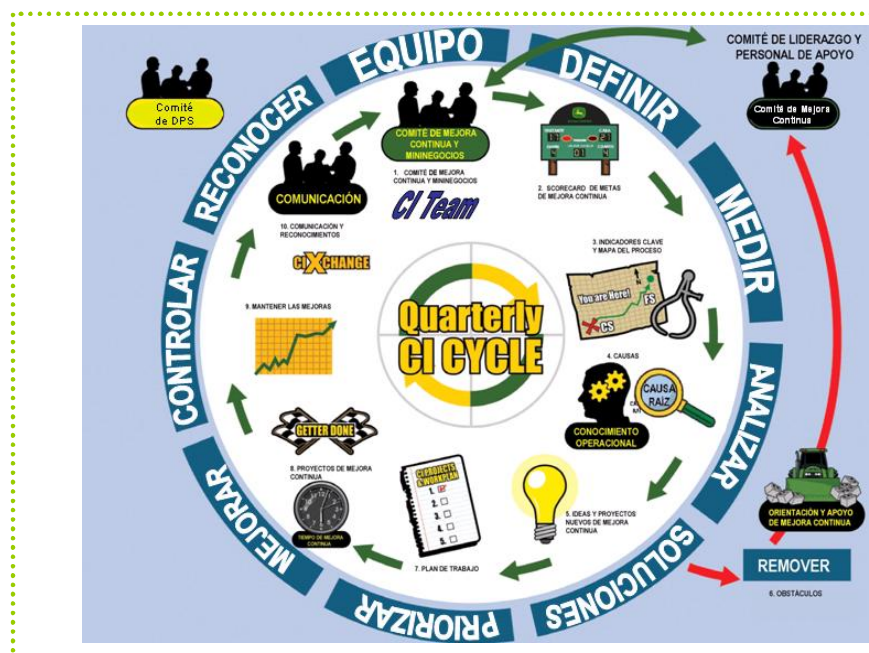


Figura 3.6. En esta imagen se muestra el ciclo del proceso de la Mejora Continua

Se debe identificar la situación actual y formular objetivos, pero lo primero que debe hacerse es establecer y mantener las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado del equipo. Estas condiciones básicas incluyen: limpieza, lubricación, chequeos de rutina, apriete de tuercas, etc. También es importante la eliminación completa de todas aquellas deficiencias y las causas del deterioro acelerado debido a fugas, escapes, contaminación, polvo, etc. Esto implica realizar actividades de mantenimiento autónomo en las áreas seleccionadas para la realización de las mejoras enfocadas.

A continuación se realiza un análisis del problema en forma general e identificación de las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado. En esta fase se debe recoger o procesar la información sobre averías, fallos, reparaciones y otras estadísticas sobre las pérdidas por problemas de calidad, energía, análisis de capacidad de proceso y de los tiempos de operación para identificar los cuellos de botella, paradas, etc. Se hace participar a todos los integrantes del equipo, se analizan el área de mejora, se toman fotos y videos, y se discuten y analizan las ideas de todos, se genera un plan de trabajo y se trabaja en las mejoras.

La información obtenida o resultado se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema. Una vez establecidos los temas de estudio es necesario formular objetivos que orienten el esfuerzo de mejora.

Una vez se han investigado y analizado las diferentes causas del problema, se establece un plan de acción para la implantación del proyecto que eliminará las causas críticas. Este plan debe incluir alternativas para las posibles acciones. A partir de estas

propuestas se establecen las actividades y tareas específicas necesarias para lograr los objetivos formulados.

Este plan debe incorporar acciones tanto para el personal especialista o miembros de soporte como ingeniería, proyectos, mantenimiento, etc., como también acciones que deben ser realizadas por los operadores del equipo y personal de apoyo rutinario de producción como maquinistas, empacadores, auxiliares, etc.

Por cada equipo de mejora continua hay en la fábrica un panel informativo que físicamente esta próximo a las células que lo componen. En el se informa de éstos proyectos que se están tratando de implementar, así como la marcha del equipo.

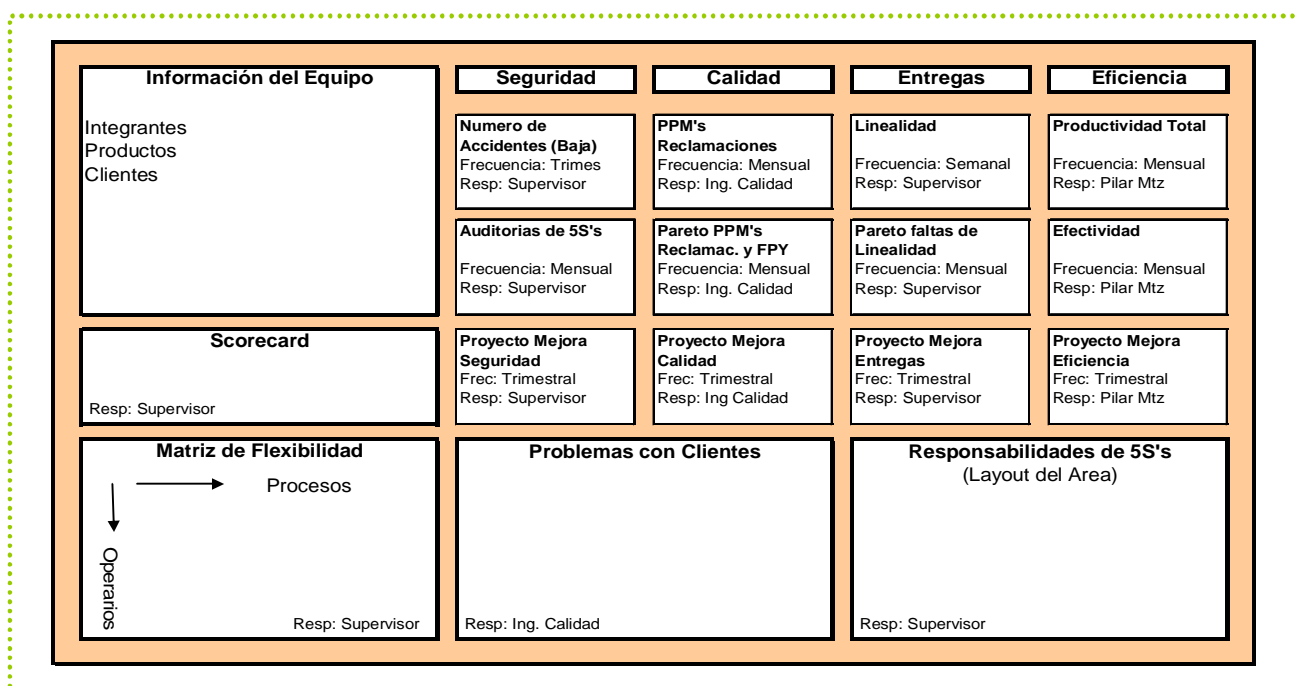


Figura 3.7. Configuración estandarizada para todas las áreas productivas del panel donde se muestran todos los indicadores del equipo de trabajo y otra información relativa a la realización de DPS

Trimestralmente se convoca la Reunión de Intercambio de Proyectos y Reconocimiento con los representantes de los equipos y trabajadores, en las que se exponen públicamente los proyectos de cada equipo, y se eligen los mejores en cada uno de los cuatro campos de estudio. Los ganadores tendrán una recompensa a su idea, por ejemplo, viaje a conocer otra fábrica John Deere, algún día de vacaciones, etc.

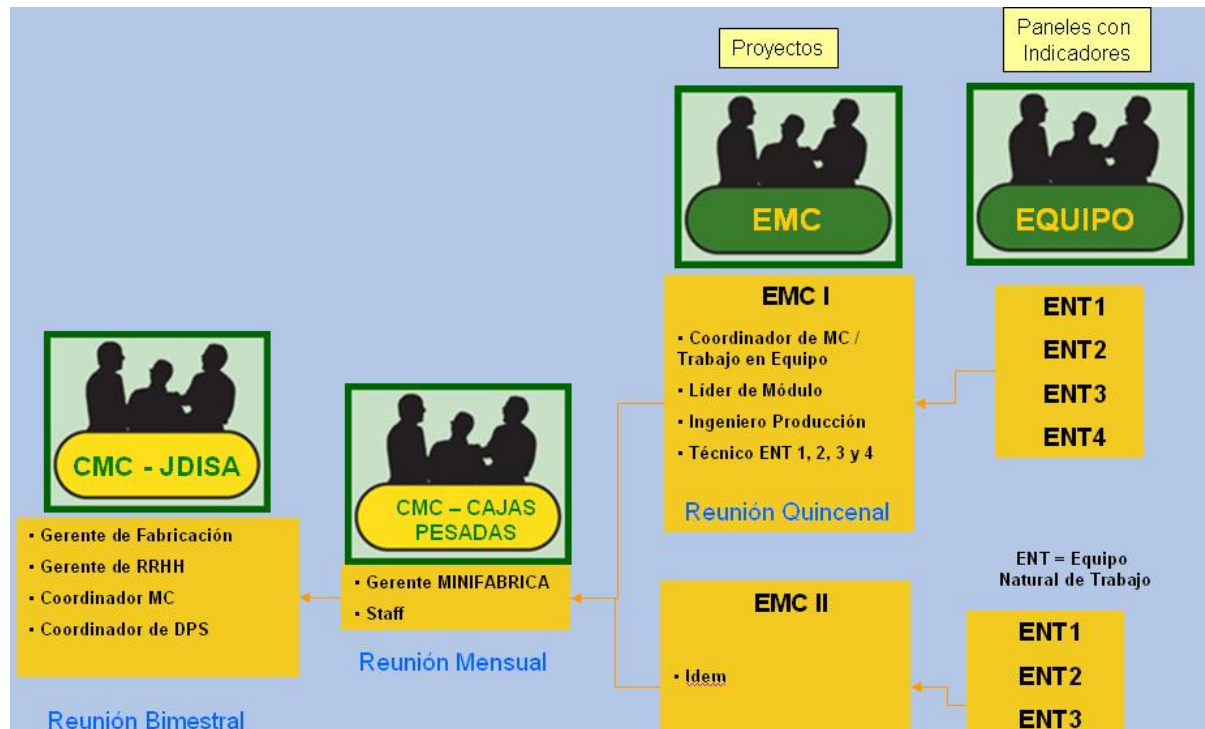


Figura 3.8. Esquema de las reuniones necesarias y sus integrantes para llevar a cabo el proceso de Mejora Continua

Los Equipos de Mejora Continua se reúnen cada quince días, para ver la marcha de los proyectos. También con ese fin, se reúnen mensualmente los responsables de estos equipos con el gerente de la División y finalmente, cada dos meses entre el Gerente de Fábrica, el gerente de Recursos Humanos, el coordinador de Mejora Continua y el coordinador de DPS.

3.2.3. Procesos de operación estructurados.

En este apartado del DPS se trata de la forma en que se debe producir. La producción se compone de una serie de procesos y método de trabajo que deben estar estructurados y estandarizados, de manera que sean los más homogéneos posible en toda la fábrica. Con esto lo que se quiere conseguir es la eliminación de despilfarros, entendiéndose como todas aquellas operaciones y consumo de recursos que no incrementan el valor añadido del producto. Estos despilfarros aumentan los costes, disminuyen la eficiencia productiva y oculta errores que se traducen en defectos de calidad. Estos despilfarros pueden tener su origen, por ejemplo, en un exceso de inventario, los tiempos de preparación en el cambio de referencia, rechazos, reprocesos, etc. Es por esto que hay que establecer una organización de la producción que optimice los tiempos y los costos.

3.2.3.1. Fabricación basada en la demanda.

Antiguamente, en JDISA la fábrica estaba organizada por grupos de máquinas. Había una zona de tornos, sierras de corte, talladoras, afeitadoras, centros de mecanizado, etc. Por ejemplo, se fabricaba un lote de piezas torneadas y se quedaban a la espera de ser procesados en la zona de talladoras. De esta manera se generaban grandes cantidades de stocks intermedios entre grupos de máquinas y se procuraba reducir al máximo el número de preparaciones con el afán de conseguir economías de escala aunque no fuera necesaria la entrega de material. Todo esto conlleva retrasos, plazos de entrega largos, problemas de calidad al no existir trazabilidad, falta de planificación, etc.

La forma moderna de producción se basa en la demanda. Esto significa que a partir de las necesidades del cliente se adapta la planificación de la producción. El cambio que supone en la organización de la fábrica es grande ya que esta se orienta por procesos orientados a productos concretos pasando a tomar especial relevancia las células o líneas de producción dedicadas. Esto significa que ahora los grupos de máquinas pasan a mezclarse, de manera que ahora una célula tendrá una máquina por proceso y se alimentará con materia prima y sale acabada. Así se eliminan los inventarios intermedios de piezas a medio procesar.

3.2.3.1.1. Kanban.

Ahora la demanda tira de la producción de manera que ésta es la que activa el resto de procesos y operaciones que llevan a cabo la fabricación. Este sistema, que se basa en la simplicidad que persigue el DPS, no es otro que el sistema de tarjetas Kanban. Cuando finalice el trabajo de la última operación, se envía una señal a la operación anterior para comunicarle que debe fabricar más artículos; cuando este proceso se queda sin trabajo, a su vez, envía la señal a su predecesor, etc. De tal forma este proceso sigue retrocediendo toda la línea de flujo, arrastrando el trabajo a través de la fábrica. Si no se saca trabajo de la operación final no se envían señales a las operaciones precedentes y, por tanto, no trabajan y no se produce en balde. Esto no significa que se pierda eficiencia de un modo global ya que es peor producir y generar stock sin que sea necesario a realizar otro tipo de funciones como mantenimiento y limpieza de máquinas y puesto de trabajo.

3.2.3.1.2. SMED

La continua adaptación a la demanda requiere una gran agilidad en el cambio de referencia. Los cambios de un producto a otro consumen un tiempo productivo que es necesario reducir al máximo, más aún cuando el tamaño de los lotes son pequeños ya que de lo contrario aumentaría el stock. Para esta reducción de tiempos es imprescindible aplicar la técnica del SMED o conjunto de reglas que permiten cambios rápidos de referencia. Estas reglas se resumen en tres:

- Planificación de tareas y preparación de útiles, herramientas, calibres, patrones, etc., de manera que se reduzca todo lo posible el tiempo interno o productivo que sea necesario consumir. Además hay que intentar transformar todo lo que consuma tiempo interno en preparación externa.

- Perfeccionamiento del método de cambio. Mediante la práctica, el entrenamiento y la ayuda de más gente, se puede optimizar el tiempo interno de preparación.
- Se debe reducir el tiempo empleado en ajustes. Este puede llegar a alcanzar hasta el 70% del tiempo de preparación. Para ello es necesario que el utillaje tenga un correcto diseño de montaje, con poka-yokes o sistemas antierror que permitan hacerlo bien a la primera.

3.2.3.1.3. VSM (Value Stream Map)

Otra herramienta que servirá de gran ayuda es el Mapeo de la Cadena de Valor. Esto consiste en la creación de un diagrama gráfico que permite visualizar toda la cadena de procesos que añaden valor al producto final. Es decir, desde que se recibe la orden de pedido o fabricación, se recibe la materia prima, hasta que se fabrica y se entrega. Aquí se verá la sucesión de procesos, duración, tiempo entre ellos, etc. de manera que se podrá analizar el flujo de material e información, existencia de despilfarros, demoras excesivas, etc.

3.2.3.2. Fábrica Visual.

El control visual está relacionado con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y podemos decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente.

Un control visual se utiliza para informar de manera sencilla, por eso hay que conseguir que las señales sean visibles y su interpretación resulte fácil para los empleados.

La extensión de los controles visuales afecta a muchos aspectos de las actividades de la fábrica, como por ejemplo: en el monitoreo de los centros de trabajo que alerten a las áreas de soporte cuando así se requiera; la necesidad de reabastecer material; el inventario en proceso, estará en un área pintada y etiquetada, en la que las señales visuales marcarán un límite de sobreproducción, el punto de pedido; condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo...

3.2.3.3. Cambios de ingeniería.

El desarrollo de nuevos productos y métodos de trabajo es una actividad esencial para la supervivencia y competitividad de la empresa. Primeramente se debe determinar las necesidades a través de las actividades de investigación y análisis de mercados. Esta información se transforma en una serie de especificaciones, que permiten a los departamentos de Diseño, definir las características de los nuevos productos o sistemas. A continuación es cuando se elabora un proceso documentado (planos, listas de

materiales, memorias descriptivas, pliegos de condiciones, etc.) de los cambios que hay que hacer en la planta. Los empleados serán avisados cuando les afecte algún cambio y deberán ser formados antes de que éstos se lleven a cabo.

3.2.3.4. Flexibilidad.

Incluso antes de la entrada del DPS, derivado de los cambios en la organización del trabajo ya se vio la necesidad de contar con una plantilla flexible, tanto numérica como funcionalmente. La flexibilidad de la plantilla se mejora a través de la rotación entre puestos.

En el aspecto numérico es responsabilidad de la dirección el detectar el exceso de mano de obra y el utilizarla de forma rentable. La contratación de más personal cuando el negocio va bien y la producción es alta para después, cuando se producen recesiones, despedirlos o generar jubilaciones anticipadas, no son buenas medidas.

Se suele practicar la subcontratación de empresas para que realicen actividades que hasta ese momento eran realizadas por la propia empresa o que formen parte de alguna de las fases del proceso productivo. En JDISA encontramos empresas como Ferroser, Rex, Siemens...

En el aspecto funcional, se ha pasado de tener operarios especialistas, a operarios polivalentes o flexibles, es decir, pasaron de trabajar con un solo tipo de máquina (torno, rectificadora, brochadora...) para trabajar en células que agrupan distintos tipos de máquinas. Ahora el objetivo es conseguir que además sepan trabajar en distintas células, lo que sería muy bueno pues se evitaría parar la producción de esas máquinas ante la ausencia de su operario usual.

3.2.4. Tecnología de manufactura y procesos.

3.2.4.1. Herramientas de manufactura virtual e ingeniería concurrente.

Para la supervivencia y crecimiento de cualquier empresa es fundamental la adaptación constante a las necesidades que marca el mercado. Esto conlleva la concepción de nuevos productos así como la de nuevas tecnologías de fabricación. La capacidad de competir con otras empresas a la hora de adquirir la fabricación de un nuevo producto comienza en el mismo punto en que comienza el diseño.

La concepción antigua de desarrollo de un producto constaba de un proceso secuencial el cual comenzaba con el diseño y planos, después pasaba a ingeniería de manufactura para desarrollar los procesos y medios productivos, y por último entraban otros departamentos como compras o ventas. De este modo cualquier modificación, mejora o prueba se llevaba a cabo en la fase de implantación de la fabricación de manera que resultaba altamente costosa y un aumento indeterminado del plazo.

Actualmente, este proceso secuencial pasa a ser otro en el concurren todas las áreas departamentales relacionadas por diferentes razones con el producto final. La idea es que departamentos como ingeniería de producto, ingeniería de manufactura, compras, ventas, mantenimiento, producción, calidad, etc, muestren su opinión de manera que en un futuro, cuando se esté implantando físicamente los medios productivos, no hay que efectuar ninguna modificación. Esta forma de acometer un nuevo producto se denomina Ingeniería Concurrente. Esta técnica multidisciplinar involucrará a proveedores y clientes de manera que las relaciones se reforzarán positivamente así como la cuota de mercado.

Para efectuar pruebas previas a la implantación física en la fábrica se utilizarán sistemas asistidos por ordenador tanto para la simulación del diseño como de la manufactura (Sistemas CAD-CAM-CAE). Esto favorecerá el análisis de resultados y la toma de decisiones de manera que el coste y el plazo sean óptimos.

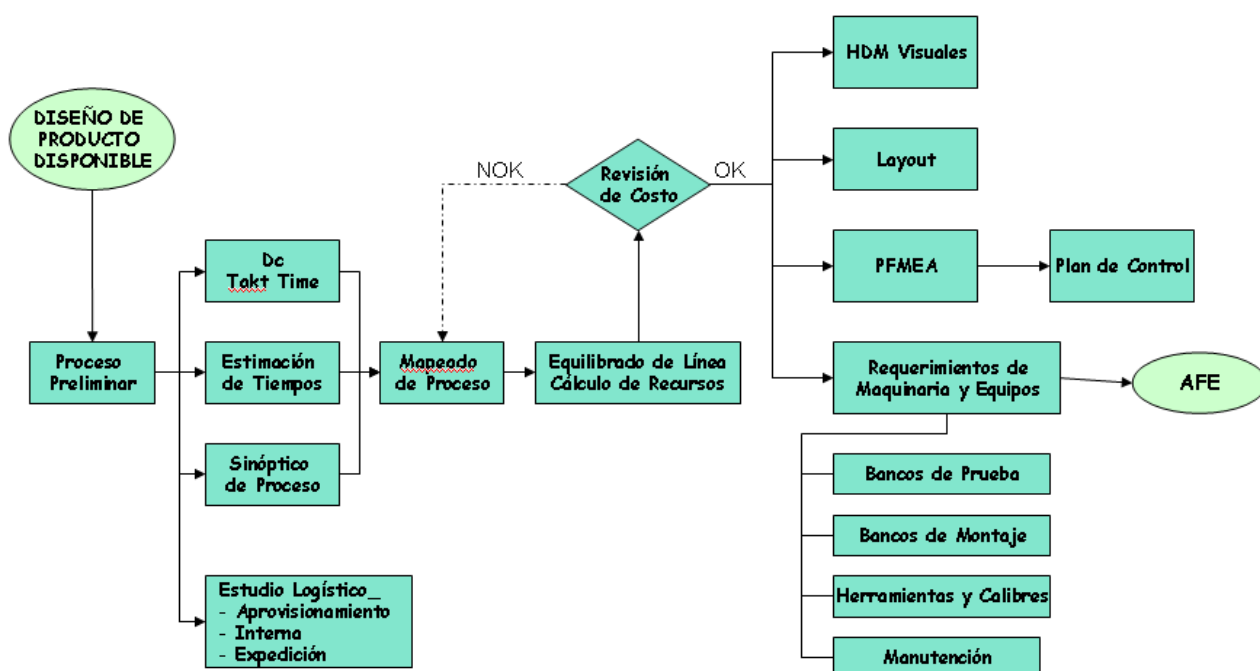


Figura 3.9. Diagrama que muestra el proceso del estudio previo de la implantación de un producto a nivel de fabricación

3.2.4.2. Sistemas para la ejecución de la manufactura

La planta de producción ofrece la información más directa, actual y estimulante sobre el funcionamiento del proceso de fabricación. Se quiere conseguir disminuir la papelería, no sólo el uso de escritos, sino disminuir significativamente la burocracia innecesaria, disminuir plazos de tomas de decisiones, reducir notablemente las actividades y procesos administrativos, y contar con información más rápida y precisa.

También será importante pasar de un sistema de información centrado en los aspectos financieros a un sistema de información en torno a aspectos financieros, operativos, como así también vinculados a los consumidores, personal y competidores.

En lugar de la monopolización de la información en las gerencias y jefaturas a los efectos de incrementar su poder personal, la información fluye naturalmente favoreciendo el empowerment, es decir, delegar poder y autoridad a los subordinados y de conferirles el sentimiento de que son dueños de su propio trabajo.

Por último JDISA comienza a basar su análisis, resolución de problemas, toma de decisiones y mejora de procesos en datos estadísticos y control estadístico de procesos (SPC).

La complejidad de las operaciones hace imposible el control de la cadena de abastecimiento sin el uso de sistemas informáticos en cada uno de sus pasos que se integren entre sí para funcionar como un todo. Esto nos permite que mientras el producto fluye de izquierda a derecha, la información lo hace en sentido contrario a igual velocidad.

El reto que han superado los desarrolladores de Software de Clase Mundial para la industria es el de expandir el área de control fuera del nivel de planta y así comprender el total de las operaciones a lo largo de la cadena, independientemente de los sistemas de hardware y software que se utilicen en cada paso de la cadena.

En resumen, en este aspecto el DPS busca disminuir el número de informaciones a tener en cuenta, y mejorar su circulación y visibilidad.

3.2.4.3. Tecnología y procesos

Hoy en día casi ninguna empresa puede concebirse sin una determinada componente tecnológica. Si bien la tecnología es algo que puede afectar a todos los ámbitos de la empresa, repercutir de distintas formas en su rentabilidad, en el área de producción el conocimiento y dominio de una determinada tecnología puede ser la diferencia entre estar en el mercado o quedar fuera de él. Esto es elemental si esa tecnología resulta clave para la fabricación del producto.

Además el uso de la tecnología puede ser decisivo para diferenciar el producto a través de la mejora bien de la calidad del producto, bien de modificaciones en el producto ampliado. La correcta gestión de la tecnología tanto en la producción como en el producto mismo puede ser decisiva para el éxito de un producto en el mercado.

En John Deere Ibérica se contará con un proceso de renovación tecnológico el cual asegurará la competitividad de la fábrica a largo plazo. Cuando se diseñe un nuevo producto habrá que estudiar desde el principio si va a ser necesario realizar algún cambio en la tecnología con la que se desarrollarán los procesos industriales.

3.2.5. Planificación de la producción.

Uno de los objetivos vitales que anteriormente se mencionaban para mantener una competitividad elevada es el plazo de entrega. Ser capaces de entregar a tiempo es

muy importante para el cliente ya que es perjudicial entregar antes (generación de stocks) como entregar después de la fecha prevista (parada de producción, cambios en la programación, etc.). Por tanto, es fundamental mantener una planificación bien calculada y ajustada tanto en lo relativo a la fecha de entrega de nuestro cliente como en la disponibilidad de recursos técnicos, organizativos, materiales y humanos. Éstos proporcionarán unos plazos de fabricación determinados, los cuales, es deseable, que sean lo más bajos posible. Así se obtendrá una mayor flexibilidad ante cambios o incidencias imprevistas para cumplir con nuestras fechas de entrega.

A partir de esta planificación se generará un programa diario de producción en el cual hay que mantener un alto porcentaje de producción completado cercano al 100% evitando desviaciones tanto por exceso como por defecto. Por tanto, lo que hay que combatir son los factores que afectan al incumplimiento como pueden ser averías de máquina, falta de material, “cuellos de botella”, absentismo laboral, defectos en piezas terminadas, cambios urgentes de última hora por pedidos atrasados o aumentos de pedidos, etc.

Para disminuir el plazo de fabricación y así facilitar el de entrega es clave la reducción de demoras. Todos los tiempos de espera para el cambio de herramienta, preparación de máquinas, retrasos en el suministro de material, retrasos en la toma de decisiones, etc, afectan el aprovechamiento de recursos convirtiéndolos en trabajo no productivo. El análisis crítico de todas estas demoras y su disminución favorecerá claramente a la eficiencia de la fábrica y al cumplimiento del programa y fecha de entrega.

La planificación es a menudo una tarea difícil en la que hay que tomar decisiones. Una buena práctica es basarse en pedidos en firme aunque también hay que contar con previsiones futuras basadas en la experiencia y en datos facilitados por el cliente. No obstante, para elaborar la planificación hay que tener en cuenta tanto la capacidad de cada uno de los medios productivos, “cuellos de botella” de la fábrica y, por consiguiente, el tiempo total de fabricación, el cual debe ser menor en todo caso que el tiempo de respuesta que es aceptable para el cliente.

3.2.6. Logística de materiales.

3.2.6.1.Reaprovisionamiento de Material Kanban.

El Kanban es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y en el tiempo, en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas.

La producción bajo el sistema DPS se adapta a las modificaciones y cambios de la demanda, mediante el cual todos los centros producen los bienes necesarios, en el momento oportuno y en las cantidades precisas. Lo primero que se necesita conocer con precisión los tiempos y las cantidades requeridas en todos los procesos. En el

sistema en cuestión cada proceso recoge los elementos o piezas del anterior (método conocido como sistema de arrastre o pull).

Puesto que únicamente la línea de montaje final puede conocer con precisión el tiempo y la cantidad de elementos que se necesitan, será ella la que requiera del proceso anterior esos elementos necesarios en las cantidades y en el tiempo precisos para el montaje o generación del producto, de modo que cada proceso habrá de producir los elementos que le sean requeridos por el proceso siguiente. De este modo, no es necesario elaborar a un tiempo los programas mensuales de fabricación para el conjunto de los procesos. En su lugar, basta con informar a la línea de montaje final, con ocasión del montaje de cada uno de los productos, de los cambios en los programas de producción. Para transmitir a todos los procesos la información sobre el momento y la cantidad de los elementos que deben producirse se utiliza el Kanban.

Un Kanban es una herramienta para conseguir la producción Justo a Tiempo. Se trata, usualmente de una tarjeta en una funda rectangular de plástico.

Para conseguir el propósito de la producción Kanban deben cumplirse las siguientes normas:

- Regla 1: El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y momento oportuno. Por tal motivo, deberá prohibirse cualquier retirada de piezas o elementos sin la correspondiente utilización del Kanban. Estará también prohibido cualquier retirada de piezas o elementos en cantidades mayores que las especificadas en los kanban. Por último, un Kanban siempre deberá estar adherido a un producto físico (o a un contenedor).

El funcionamiento del Kanban es básicamente el siguiente: El operario nº 2 necesita material, le lleva una tarjeta de movimiento al operador nº 1, éste la cuelga a un contenedor, descolgándole la tarjeta de producción y poniéndola en el tarjetero. Esta tarjeta lo autorizará a producir otro contenedor de material. El operador nº2 se lleva el contenedor con la tarjeta de movimiento colgada, pues es el material que necesitaba. El operario nº1 produce el material, lo pone en un contenedor, anudándole la tarjeta de producción que lo autorizó a producirlo. Se repiten los pasos anteriores siempre que existan tarjetas, pues cuando no haya tarjeta, ni se produce, ni se mueve.

- Regla 2: El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente. Por tal motivo se prohíbe una producción mayor que el número de fichas Kanban. Por otra parte, cuando en un proceso anterior hayan de producirse varios tipos de piezas, su producción deberá seguir la secuencia con que se han entregado los diversos tipos de Kanban. Puesto que el proceso siguiente requerirá unidades únicas o lotes de tamaño reducido a fin de conseguir el nivelado de la producción, el proceso anterior deberá llevar a cabo frecuentes preparaciones de máquina según los requerimientos del proceso posterior. Las preparaciones habrán de realizarse con la mayor rapidez mediante la implementación del SMED.

- Regla 3: Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente. El incumplimiento de esta regla comprometería la existencia misma del sistema Kanban. Si llegaran a identificarse en el proceso siguiente algunos elementos defectuosos,

tendría lugar una parada de la línea, al no tener unidades extras en existencia y devolvería los elementos defectuosos al anterior proceso. La parada de la línea del proceso siguiente resulta obvia y visible para todos. El sistema se basa pues en la idea de autocontrol siendo su propósito el evitar la repetición de defectos. El sentido del término defectuoso comprende asimismo las operaciones defectuosas, que pueden ser definidas como tareas que no responden por completo a la estandarización y que suponen ineficiencia en las operaciones manuales, en las rutas o en los tiempos de trabajo. Tales ineficiencias son con frecuencia causa de que se produzcan elementos a su vez defectuosos. Así pues, las operaciones defectuosas deben eliminarse, a fin de asegurar un ritmo continuo en los pedidos a retirar del proceso anterior. La estandarización de tareas es uno de los requisitos previos del sistema Kanban.

- Regla 4: El número de Kanban debe minimizarse. Puesto que el número de Kanban expresa la cantidad máxima de existencias de un determinado insumo o elemento, habrá que mantenerse tan pequeño como sea posible. La autoridad final para modificar el número de Kanban se delega en el supervisor de cada proceso. Si un proceso se perfecciona gracias a la disminución de tamaño del lote y al acortamiento del plazo de fabricación será posible disminuir a su vez el número de Kanban necesarios. La delegación de autoridad para determinar el número de Kanban es el primer paso para promover el perfeccionamiento de las capacidades directivas.

- Regla 5: El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda. Con ello hacemos mención al rasgo más notable del sistema Kanban consistente en adaptarse a los cambios repentinos en los niveles de demanda o de las exigencias de la producción.

El sistema del Kanban también clarifica lo que deben hacer los directores y supervisores. Esto facilita incuestionablemente la mejora en el trabajo y el equipo.

El objetivo de eliminar los costes improductivos también está implícito en el Kanban. Su uso pone de manifiesto de forma inmediata cual es la improductividad, permitiendo su análisis creativo y las propuestas de mejora. En la planta de producción, el Kanban es un gran medio para reducir la mano de obra y el stock, eliminar los productos defectuosos y prevenir la recurrencia de interrupciones.

El proceso de mejorar es siempre eterno e infinito, por lo que se debe intentar mejorarlo con creatividad e iniciativa sin permitir que se estanque.

Existen varios tipos de Kanban:

- Kanban de transporte: Especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior.
- Kanban de producción: Indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior
- Kanban urgente: Emitido en caso de escasez de un componente.
- Kanban de emergencia: Cuando a causa de componentes defectuosos, averías en las máquinas, trabajos especiales o trabajo extraordinario en fin de semana se producen circunstancias insólitas

- Kanban de proveedor: Se utiliza cuando la distancia de la planta al proveedor es considerable, por lo que el plazo de transporte es un término importante a tener en cuenta.
- Kanban común. Un Kanban de movimiento (transporte) puede utilizarse también como Kanban de producción cuando la distancia entre dos procesos es muy corta y ambos tienen el mismo supervisor.
- Kanban orden de trabajo. En tanto que los Kanban hasta ahora mencionados resultan de aplicación a una línea de fabricación repetitiva de productos, un Kanban orden de trabajo se dispone para una línea de fabricación específica y se emite con ocasión de cada orden de trabajo.

La implantación del Kanban se realiza en varias fases:

- Fase I: Entrenar a todo el personal en sus principios y beneficios.
- Fase II: Aplicación en los componentes con más problemas para facilitar su manufactura y resaltar los problemas escondidos.
- Fase III: Entrenar al personal en la línea de producción.
- Fase IV: Implantar el Kanban al resto de componentes, lo cual no debe ser problema ya que los operadores ya han visto en la anterior fase las ventajas de Kanban. Se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va estar trabajando en su área.
- Fase V: Revisar el Kanban evitando que ningún trabajo sea hecho fuera de secuencia, y si se encuentra algún problema notificar al supervisor correspondiente.

3.2.6.2. Aptitud de los proveedores.

En una empresa con una organización y sistema de producción basado en el Just In Time es fundamental contar con unos proveedores que lo entiendan, asimilen y participen de él. A menudo, en la selección de un proveedor el criterio principal que predomina es el precio del producto que nos suministra dejando en un segundo plano otros aspectos que pueden llegar a ser mucho más importantes y que a la larga seguro que implican un aumento del coste. Estos aspectos son fundamentalmente calidad, plazo de entrega y dimensión de los lotes.

- Calidad: el hecho de que un pedido llegue con piezas defectuosas ocasiona un grave problema ya que o bien obliga a la empresa a seleccionar o reprocesar piezas, con la consiguiente pérdida de tiempo, pérdida de linealidad, retrasos, costes, riesgos de nuevos defectos, o bien devolver el pedido dejando la línea de fabricación parada y obligando a un cambio urgente de la programación. Por tanto, hay que negociar con el proveedor que sea él quien establezca un plan de calidad que asegure que el producto que se manda es conforme. De lo contrario, la empresa estaría obligada a crear stocks de seguridad para evitar estas incidencias con el consiguiente costo que supondría.

- Plazo de entrega: es muy importante que los plazos de entrega sean lo más exactos posible. Tanto los posibles retrasos como los adelantos son perjudiciales para el desarrollo normal de una fábrica con sistema JIT.

- Dimensión de los lotes y frecuencia de entregas: es muy importante que la dimensión de los lotes que se envíen sean del tamaño mínimo que se necesite en cada momento aunque sea a costa del aumento de la frecuencia de entregas. Esto hará que los costes por stock se reduzcan. A menudo, los mismos proveedores son reacios a esta medida ya que ellos mismos tratan de maximizar este tamaño de lote ya que así optimizan sus costes por volumen y por ahorro en el transporte.

Por estas y otras razones, es muy importante promover la integración y participación de los proveedores en el DPS, incluso financiando modificaciones estructurales que permitan llevarlas a cabo. La relación con ellos debe ser de confianza mutua tanto en la garantía de una continuidad de pedidos que favorezcan su supervivencia como en la colaboración para el correcto desarrollo del sistema de producción. Es por todo este conjunto de condiciones por las cuales se debe dar la aptitud o no de un proveedor.

3.2.7. Disponibilidad de la operación y equipos productivos.

Es evidente que para cumplir con la planificación de la producción toda la maquinaria debe estar disponible el mayor tiempo posible. De lo contrario la capacidad se ve reducida, el coste medio se eleva y el plazo de entrega se alarga. Es por tanto, imprescindible que toda fábrica cuente con un departamento de mantenimiento que sea capaz de aumentar esta disponibilidad. Este debe tener un correcto plan de mantenimiento preventivo que minimice la aparición de averías así como una elevada capacidad de respuesta ante las averías producidas, lo que se conoce como mantenimiento correctivo.

Las máquinas se consideran “propiedad” del departamento de producción ya que es quien las utiliza todos los días y, más concretamente, los operarios que las manipulan. Estos van a jugar un papel muy importante ante las posibles incidencias que surjan ya que son los que mejor conocen cual es su correcto funcionamiento y cuando sucede algo que no marcha bien, es decir, es posible predecir que algo va a averiarse de manera que el tiempo y coste de la reparación puede minimizarse al detectarse a tiempo. Por esto es fundamental implicar al operario en el mantenimiento de sus máquinas.

La colaboración entre departamentos desencadena un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Este programa tiene como finalidad aumentar la disponibilidad de máquina, asegurando procesos productivos fiables, seguros y rentables y que mantengan la calidad. Esta responsabilidad deberá estar compartida entre los departamentos de Fabricación y Mantenimiento, así como deberán involucrar al resto de departamentos de la fábrica.

La falta de disponibilidad de máquinas puede deberse a las siguientes razones:

1. Averías: Son causadas por defectos en los equipos que requieren de alguna clase de reparación. Estas pérdidas consisten de tiempos muertos y los costos de las partes y mano de obra requerida para la reparación. La magnitud de la avería se mide por el tiempo muerto causado.
2. Cambio de referencia y ajustes: Son causadas por cambios en las condiciones de operación, como el empezar un lote de producción, el empezar un nuevo turno de trabajadores. Estas pérdidas consisten de tiempo muerto, cambio de útiles o herramientas, calentamiento y ajustes de las máquinas. Su magnitud también se mide por el tiempo muerto.
3. Paros menores: Son causadas por interrupciones de las máquinas, atascos o tiempo de espera. En general no se pueden registrar estas pérdidas directamente, por lo que se utiliza el porcentaje de utilización (100% menos el porcentaje de utilización), en este tipo de pérdida no se daña el equipo.
4. Pérdidas de velocidad: Son causadas por reducción de la velocidad de operación, debido que a velocidades más altas, ocurren defectos de calidad y paros menores frecuentemente.
5. Defectos de calidad y reprocesos: Son productos que están fuera de las especificaciones o defectuosos, producidos durante operaciones normales, estos productos, tienen que ser reprocesados o eliminados. Las pérdidas consisten en el trabajo requerido para subsanar el defecto o el costo del material desperdiciado.
6. Pérdidas de rendimiento: Son causadas por materiales desperdiciados o sin utilizar y se cuantifican por la cantidad de materiales devueltos, tirados o de desecho.

3.2.8. Calidad

Para cualquier empresa que quiera crecer su mejor inversión de futuro que le asegure su supervivencia es la calidad. Hoy en día no es aceptable en una multinacional como Deere & Company que sus productos no cumplan con las especificaciones de calidad.

El concepto moderno de calidad, que es el que el DPS nos marca, se basa en la premisa de que la calidad no se inspecciona sino que se diseña y se planifica. Por tanto, es obligatorio que en el diseño de nuevos productos y sus procesos se incluya una parte de planificación de la calidad.

Según el concepto antiguo de control de calidad, la empresas asumían la aparición de piezas defectuosas de manera que un departamento en exclusiva se encargaba a inspeccionar y separar todos los productos que presentaban anomalías. Este mecanismo además de ser altamente costoso, no deja de ser un enfoque claramente reactivo que no hace otra cosa que intentar eliminar consecuencias sin profundizar en las causas raíz de los problemas. Por tanto, no es una solución eficaz.

Actualmente lo que se quiere conseguir es un aseguramiento de la calidad. El objetivo es conseguir “cero defectos” y el medio es la planificación de la calidad. Esta planificación surge desde el momento en que se comienza a diseñar un producto que cumpla con creces las necesidades del cliente y que además supere sus expectativas. Este aseguramiento de la calidad también lleva su proceso de inspección, pero la diferencia con el concepto antiguo reside en que este tiene como cometido el comprobar que la planificación se cumple y cuales son las desviaciones que se van produciendo. Estas inspecciones se llevan a cabo durante las diferentes etapas del proceso de fabricación y generan una serie de resultados que se analizan estadísticamente. Esta técnica proporciona una información sumamente valiosa que permite analizar lo preparado que está cierto proceso para producir piezas sin defectos de calidad. También permite analizar causas de fallo cuya raíz es la que hay que atacar para disminuir los defectos.

Para conseguir el aseguramiento de la calidad, hay que tener en cuenta que es totalmente necesario que todos los departamentos se involucren, desde el concepto inicial y diseño del producto, continuando por la planificación de la producción y diseño del proceso de manufactura hasta la colaboración de departamentos como el de compras, mantenimiento, ingeniería, etc. Dentro de todos estos jugará un papel determinante el propio operario que manipula y fabrica todas las piezas de manera que se llegue a un autocontrol de la calidad. Es decir, es el propio operario el que controlará que la calidad del proceso sea la correcta y el que dé la voz de alarma si ocurre lo contrario. Así se puede observar la absoluta implicación de todos los medios humanos y técnicos para la consecución de la Calidad Total.

3.2.9. Evaluación de resultados y Certificación en DPS

Deere & Company, exige que todas sus unidades de producción esté certificadas en DPS. Por ello, de forma anual se lleva a cabo una evaluación de la situación en que estas unidades se encuentran. Esta evaluación se realiza valorando, en función de la cumplimentación de unas competencias, cada uno de los 9 puntos que componen la estructura de DPS, dando un peso o importancia a cada uno de ellos y obteniendo una puntuación final que debe ser superior al 70%, siempre y cuando todos los puntos de DPS estén por encima del 70%

A continuación, se muestra la primera auditoria que se llevó a cabo en John Deere Ibérica, antes de que se llevara a cabo la implantación de DPS:

	Disponible	Puntuación	Actual
Liderazgo	250	86.6	35%
Planificación de la operación	250	110.8	44%
Procesos de operac. estructurados	300	146.8	49%
Logística de materiales	250	83.6	33%
Ambiente de trabajo	250	99	39%
Calidad	300	176.2	59%
Disponibilidad de la operación	200	116	58%
Tec.manufactura y procesos	200	114.4	57%
Métricas	1000	397	40%
Puntos de Certificación Totales	3000	1329	44%

Figura 3.10. Resultados de una auditoria previa de John Deere Ibérica antes de implantar DPS

Cada punto tiene un número de puntos máximos que corresponden a la implementación total en esa área. Según el nivel conseguido se obtendrá una puntuación. Llegar a los 3000 puntos significa conseguir la implementación total del DPS.

A continuación se incluye un ejemplo cómo se evalúan las competencias:

Deere Production System Scorecard		Score (0-5)	Key * Shop floor Verification ** Documentation Required	Floor Only Show All
Leadership (250 points)		0%	Fully implemented is:	Assessment Comments
Vision		0%		
1. Leadership has reviewed the DPS Guiding Principles and rolled them out to the organization. **			GM and Staff have reviewed and discussed principles as a group. Leadership is able to speak to the ones that would have the biggest impact in the organization.	
2. The business case for DPS changes is known and articulated. *			Leadership has documented the business case for DPS and has made it part of its communication plan.	
3. Leadership has a common articulated vision of the future. (discussion)			The entire leadership team can articulate the same vision of the future.	
4. Leaders understand current performance, communicate the future vision and future performance requirements.			Leadership reviews metric performance against goal as a team. Minutes are kept. Steps to achieve the future vision have been documented and are part of GPMS goals for all employees.	
5. A factory Master plan has been completed, budget approved and is being implemented.			A FMP has been completed, Core competencies known, Phased layouts are available & Early phases of implementation are underway.	
6. The Leadership Team can articulate how DPS provides a competitive advantage.			What difference would DPS make between this business and its competition?	
7. The Leadership Team can articulate how MFG provides a competitive advantage?			What justifies the product(s) to be manufactured at this facility?, Why not simply outsource them?	
Deployment		0%		
8. The factory has a DPS implementation plan and is on schedule with			All element lanes have a detailed plan (task, name and due date). The implementation is on schedule and deviations	

Figura 3.11. Muestra de la plantilla de evaluación de una auditoria de DPS

Las puntuaciones que nos indica el estado de cumplimentación de cada uno de las competencias se valoran de la siguiente forma:

	Puntuación	Definición de la puntuación
No se han realizado acciones.	0	No se han realizado acciones, por tanto, no se otorgan puntos.
20% implementado o efectivo.	1	Despliegue del 20%: el elemento ha sido implementado solo en un 20% de la fábrica.
40% implantado o efectivo.	2	Despliegue del 40%: el elemento ha sido implementado solo en un 40% de la fábrica.
60% implementado o efectivo y muestra resultados suficientes.	3	Despliegue del 60% con resultados cuantificados: los elementos han sido implementados en torno al 60% de la fábrica con permanentes resultados cuantificados.
80% implementado o efectivo. Resultados cuantificados. Ejecución permanente durante un periodo de al menos 6 meses.	4	Despliegue del 60% con resultados cuantificados: los elementos han sido implementados en torno al 60% de la fábrica con permanentes resultados cuantificados. Las pruebas incluyen registros históricos, análisis de tendencia, informe de acciones correctivas y pruebas de no-concurrencia.
100%, totalmente implementado. Resultados cuantificados. Ejecución permanente durante un periodo de al menos 6 meses.	5	Totalmente implementado, resultados cuantificados y permanentes: los elementos se han implementado en el 100% de la fábrica y los resultados son permanentes. Las pruebas incluyen registros históricos, análisis de tendencia, informe de acciones correctivas y pruebas de no-concurrencia.

Figura 3.12. Tabla de criterios de puntuación de cada uno de los puntos que componen la auditoría de DPS

Como se puede observar el punto más importante y que más peso tiene en la evaluación de DPS es el de métricas o indicadores. Estos indicadores son los que darán una idea de lo efectiva que ha sido la implantación de DPS y, por tanto, de la competitividad de la unidad productiva en cuestión. De nada servirá que en el resto de apartados se obtuviera una puntuación máxima si al final los indicadores fueran malos. A modo de recordatorio se muestran cuales son los indicadores o métricas que deben mantener niveles altos:

- Índice de frecuencia de accidente con baja: 1.1 accidentes por millón de horas trabajadas.
- Entregas a tiempo: 95%
- Calidad: 95% de piezas buenas a la primera o sin reprocesos
- Linealidad: 85% de cumplimiento del programa diario
- Inventario: 15 días de inventario de media en la fábrica y un % de reducción
- Productividad: 4% de mejora anual entre hrs. producidas/hrs. trabajadas.
- Reducción de costes: 3%

4. ÁMBITO DE APLICACIÓN.

En este apartado se explicará en que lugar de de JDISA se aplicarán los principios de DPS. La aplicación de DPS depende del lugar de la fábrica donde nos encontremos ya que bajo la raíz de una misma filosofía, ésta hay que entenderla en función de si estamos en el departamento de compras, mantenimiento, nuevos proyectos, o incluso en fabricación en la zona de mecanizado o en la zona de montaje. En este proyecto, se tratará la aplicación de DPS en la zona de mecanizado de engranajes.

4. ÁMBITO DE APLICACIÓN.

En este apartado se explicará en qué lugar de JDISA se aplicarán los principios de DPS. Este proyecto se llevará a cabo, cómo se explicará más adelante, en la célula 145 de mecanizado en verde y en la línea 6 de rectificado.

4.1. Proceso de fabricación de engranajes en JDISA

Actualmente, nos encontramos en un momento de concienciación a nivel mundial de respeto por el medio ambiente, en el cual la legislación en materia de emisiones contaminantes y consumo de combustible va cambiando constantemente. Por tanto, este tipo de motores alternativos se deben ir adaptando constantemente introduciendo modificaciones en su construcción que aumenten su rendimiento y utilizando sistemas electrónicos de control de potencia, de revoluciones, de velocidad, etc. que optimicen en todo momento este rendimiento.

Relacionados muy estrechamente con este tipo de sistemas electrónicos se encuentran los engranajes de la distribución que en JDISA se fabrican y los cuales son objeto de este proyecto. Este grupo de engranajes tienen como misión recibir el movimiento del motor procedente del cigüeñal y distribuirlo al resto de componentes que intervienen en su funcionamiento, como son el árbol de levas, la bomba de la inyección de combustible, la bomba de aceite, ejes balanceadores, etc. Mediante estos engranajes se consigue el sincronismo adecuado de todos los componentes que hacen funcionar al motor, así como la información a la centralita electrónica que calcula en todo momento el punto óptimo de funcionamiento retroalimentando constantemente al sistema.

En el ámbito industrial existen diferentes formas de fabricar engranajes en función de su tamaño, configuración, potencia a transmitir, funcionalidad, volumen de producción, etc. En JDISA, se fabrican diferentes tipos de engranajes ya que son diversas las funcionalidades de los productos finales a los que pertenecen. Por poner un ejemplo, para el mando final de las ruedas de un tipo de maquinaria dedicada a la construcción se utiliza un engranaje recto de casi 600 mm de diámetro exterior.

Este proyecto se desarrollará dentro del departamento de Engranajes del Motor. Aquí se fabrican los engranajes para la distribución de los motores que John Deere fabrica, no solo para su maquinaria agrícola, civil o forestal, sino para todo tipo de aplicaciones dentro del ámbito de la generación de energía eléctrica.

A continuación, se muestra un esquema del proceso adquirido para la fabricación de engranajes de la distribución en JDISA y después una breve explicación de cada una de las operaciones:

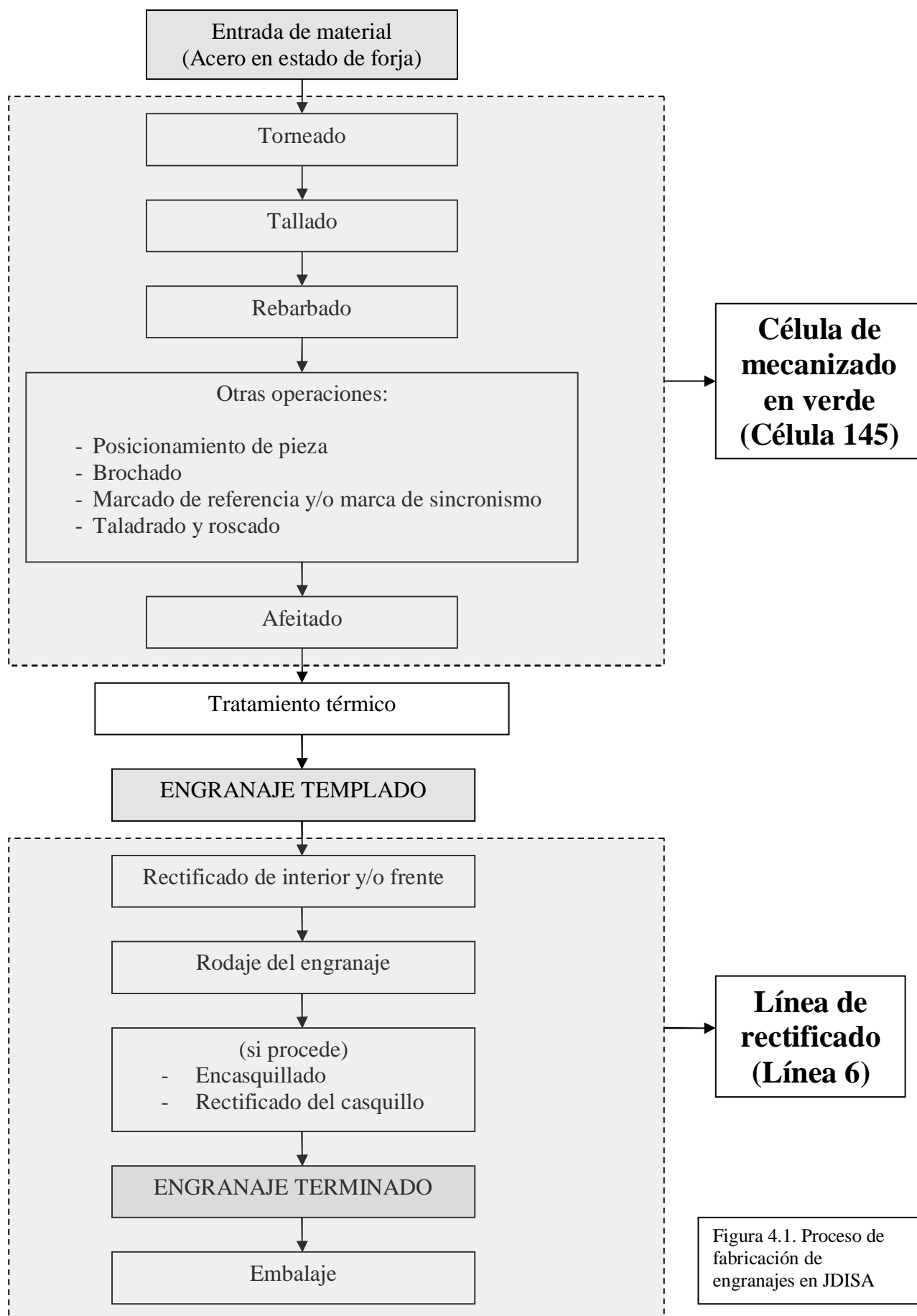


Figura 4.1. Proceso de fabricación de engranajes en JDISA

4.1.1. Célula de mecanizado en verde

En la célula de mecanizado en verde se le da la forma geométrica casi final al engranaje. A partir de una pieza de forja estampada se comienzan todas las operaciones que se explican a continuación. Estas piezas de forja estampada vienen en un acero con una dureza muy baja de manera que se hace mucho más fácil, rápido y económico el mecanizado. Este acero con dureza tan baja se conoce como acero “en verde”. Posteriormente, habrá que darle dureza y propiedades mecánicas adecuadas al engranaje para que trabaje según su vida útil diseñada.

- Torneado: se parte de una pieza cilíndrica de forja previamente estampada procedente del proveedor que se tornea mediante un cilindrado exterior, uno interior y un refrentado por cada cara dando la forma que proceda en cada caso.



Figura 4.2. Pieza en bruto o de forja y después la misma pieza torneada

- Tallado: mediante talladoras de fresa madre se obtiene el dentado en función del número de dientes, módulo, inclinación del diente, diámetro primitivo y otras variables más específicas. En la imagen se puede observar las aguas que deja la fresa en el flanco del diente. Estas son las que tiene que quitar la afeitadora para regenerar el flanco del diente y que no haga ruido el engranaje.

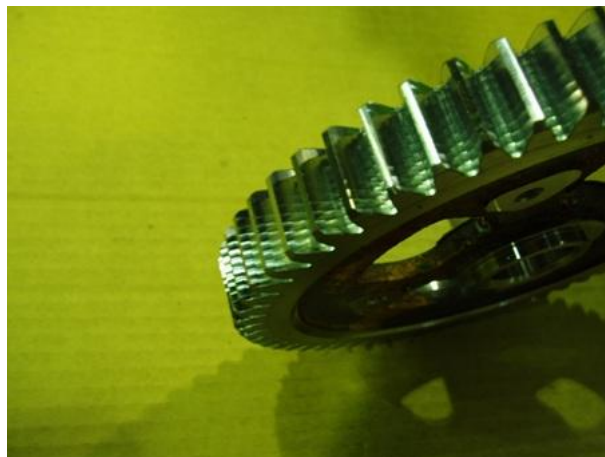


Figura 4.3. Pieza tallada. Se puede apreciar en el flanco del diente las “aguas” que deja la fresa en su avance

- Rebarbado: en esta operación se achaflana la arista viva de ambos flancos del diente. Con ello se consigue que no afecte al flanco pequeños microgolpes que pudiera sufrir la arista.



Figura 4.4. En esta imagen se muestra el rebarbado o matado de arista de la evolvente del diente

- Otras operaciones: dependiendo del engranaje, hay otro tipo de operaciones que son previas al afeitado del flanco como el brochado de un chavetero, marcaje de su referencia y/o timing-mark, o el roscado de un taladro.
- Afeitado: con esta operación se mejora el acabado superficial del flanco del diente de manera que la envolvente se aproxima a la ideal, mejorando la calidad del engrane, reduciendo su ruido y aumentando la vida útil del engranaje. Esta operación es muy importante ya que debe ser la última, antes de tratar térmicamente y conferir la dureza necesaria, puesto que elimina golpes e imperfecciones del diente que después será más difícil y costoso de eliminar. En esta imagen se puede observar como desaparecen las aguas que dejaba la fresa madre en el tallado.



Figura 4.5. Pieza afeitada. En esta operación se eliminan las “aguas” del tallado, regenerando la superficie del flanco y asegurando un perfil constante de la evolvente en todo el diente

4.1.2. Tratamiento térmico

En un horno continuo de varias fases se le confiere las propiedades mecánicas al engranaje. Estas fases se basan principalmente en operaciones de templado y revenido por el tiempo necesario que obtienen una capa endurecida en la parte exterior del engranaje y más tenaz en el interior. Así se consigue resistencia al desgaste en el flanco del diente y la absorción de tensiones por flexión en el interior.



Figura 4.6. Pieza templada

4.1.3. Línea de rectificado

La línea de rectificado tiene varios objetivos:

- Rectificado: en primer lugar se trata de asegurar dimensionalmente características críticas del engranaje para su montaje en el motor. Después del mecanizado en verde y el tratamiento térmico es posible que la pieza sufra ciertas distorsiones dimensionales que hagan que el engranaje no sea funcional en motor. Por esto, es necesario rectificar el cilindrado interior y uno de los frentes para disminuir la tolerancia al máximo y así asegurar que el engranaje no dará problemas en su montaje en el motor.
- Rodaje y control final: se trata de que el 100% de los engranajes sean rodados contra un patrón debidamente calibrado para que se compruebe la ausencia de defectos como pueden ser golpes en algún diente, ruido por fallo en el tallado o afeitado, descentramiento entre centro geométrico de la pieza y el centro de la circunferencia primitiva del dentado o exceso o defecto en la medida del diámetro primitivo. Estos defectos producirían ruido en el motor, fallos en los reglajes del motor o incluso posibilidad de gripado.

Las operaciones que se llevan a cabo en la línea de rectificado son las siguientes:

- Rectificado: como última operación se rectifica el interior del engranaje para obtener una óptima adaptación al eje donde se monta y una correcta concentricidad. También se suele rectificar uno de los frentes que irán superpuestos cerca de otro engranaje o a la carcasa del motor. En la fotografía se puede observar una pieza antes de rectificar y otra con el interior y el frente rectificado.



Figura 4.7. La pieza de la izquierda está templada sin rectificar y la de la derecha tiene rectificado el interior y el frente.

- Rodaje: como control de calidad y comprobación de su funcionamiento se establecen tres controles de rodaje, uno después de tallar, otro después de afeitar y otro después de rectificar. Los dos primeros se hacen con determinadas frecuencias, mientras que el último se comprueban el 100%. En estos controles se comprueba el ruido que hace el engranaje al rodar contra un patrón, por golpes entre dientes ocasionado por un mal tallado o por algún golpe fortuito, y concentricidad del engranaje entre su circunferencia primitiva y real de rodaje, ocasionada por un descentramiento de los útiles y herramientas de tallar y de afeitar.
- Encasquillado y/o rectificado del casquillo: en algunos engranajes es necesario que en el interior rectificado se añada un casquillo de aluminio que puede ir o no rectificado o torneado. Esto depende del eje donde vaya ir montado.

4.2. Engranajes a estudiar en el proyecto

En este proyecto va a girar entorno al proceso productivo de dos engranajes en concreto. Las referencias de estos engranajes serán la R523409 y la R504614 (o RE508489), que se explicarán más en detalle a continuación:

- **R504614 (RE508489):** este engranaje es uno de los denominados intermedios cuya función es transmitir el movimiento procedente del engranaje del cigüeñal a otros engranajes que moverán los ejes de otros componentes. Más adelante se explicará cuando se utilizará la referencia R504614 y cuando la RE508489.

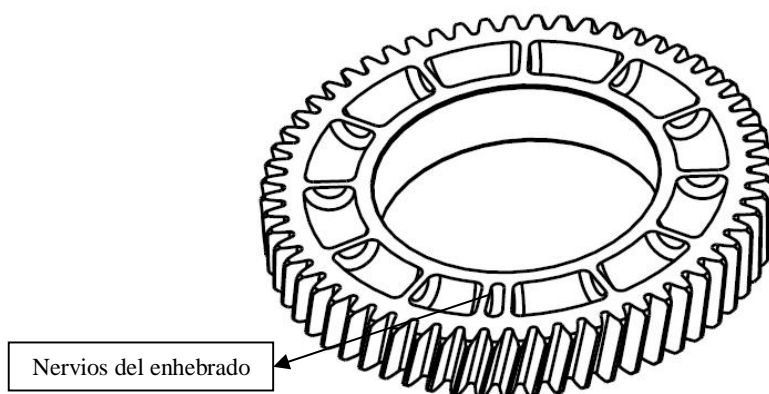


Figura 4.8. Dibujo de la pieza R504614

Este engranaje se mecanizará en verde en la célula 145 y las operaciones de rectificado, lavado, rodado, encasquillado, rectificado del casquillo y embalado se llevarán a cabo en la línea 6 de rectificadoras.

- Mecanizado en verde en la célula 145:
 - o Torneado en torno Hessapp
 - o Tallado en talladora Liebherr con operación de enhebrado. En esta pieza el enhebrado consta de una lectura previa de los nervios de manera que el dentado irá posicionado en función de donde se encuentren. Estos nervios servirán para que, una vez montado el engranaje en el motor, un sensor ejerza de cuenta-revoluciones de manera que esta información sea transmitida a la centralita electrónica para que optimice el consumo, el par o la potencia.
 - o Rebarbado en una de las estaciones de la talladora mediante fresitas helicoidales giratorias que se encargarán de matar la arista viva del flanco del diente.
 - o Posicionador magnético: en esta estación se colocará la pieza en función de la posición de los nervios. Así el robot siempre la cogerá en la misma posición para después colocarla en la marcadora.
 - o Marcaje: en una prensa hidráulica se marcará la marca V4 en la cara opuesta a la de los nervios. Esta marca ejercerá como marca de montaje

para que los nervios vayan correctamente posicionados en el ensamblaje del motor. La pieza vendrá pre-posicionada de la estación anterior y será colocada por el robot.

- Afeitado en afeitadora Hurth

- Rectificado en la Línea 6.

- Una vez salidas las piezas del departamento de Tratamientos Térmicos, la primera operación será la del rectificado en una rectificadora Overbeck Danobat, del interior y de ambas caras.
- Después pasará por una lavadora-secadora que eliminará polvo de acero y taladrina refrigerante procedente de la rectificadora.
- Rodadora automática con engranaje patrón calibrado que detectará golpes, tamaño del diámetro primitivo y descentramiento.
- Encasquilladora: en este engranaje es necesario montar un casquillo de aluminio en el interior. Una vez montado, la referencia pasa a ser de R504614 a la referencia del conjunto engranaje-casquillo RE508489. Por esta razón, habrá momentos a lo largo de este proyecto en que se pueda tratar con una u otra referencia.
- Rectificado del casquillo: esta operación se hará con un torno Hessapp con carga y descarga automática a través de un robot ABB.
- Embalaje.

- **R523409**: este engranaje es el encargado de mover el árbol de levas del motor donde irá montado.

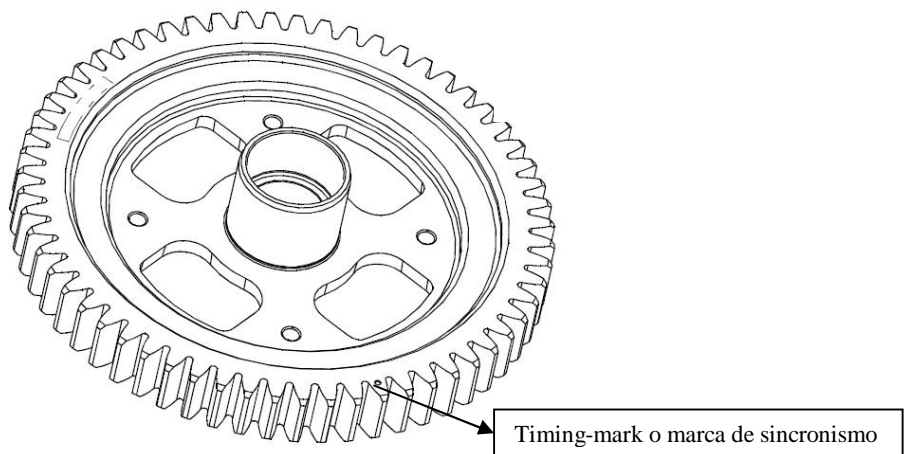


Figura 4.9. Dibujo de la pieza R523409

Este engranaje se mecanizará en verde en la célula 145 y las operaciones de rectificado, lavado, rodado y embalado están subcontratadas en un proveedor externo. A continuación se muestran las operaciones que lo fabrican:

- Mecanizado en verde en la célula 145:
 - Torneado (con operación de taladrado y roscado) en torno Hessapp
 - Tallado en talladora Liebherr con operación de enhebrado. Esta operación permite un posicionado relativo entre dentado, marca de sincronismo y taladros roscados. Esto es necesario para un correcto montaje del engranaje en el motor de manera que se consiga un correcto funcionamiento de este.
 - Rebarbado en una de las estaciones de la talladora mediante fresitas helicoidales giratorias que se encargarán de matar la arista viva del flanco del diente.
 - Marcaje de la referencia R523409 en una prensa hidráulica
 - Afeitado en afeitadora Hurth
- Rectificado en proveedor subcontratado:
 - Rectificado en rectificadora de muela abrasiva
 - Lavado del engranaje
 - Rodaje con patrón calibrado
 - Embalaje

4.3. Célula de mecanizado.

La célula de mecanizado donde se obtendrán los engranajes en verde es la Célula 145.

Esta célula se encuentra preparada para que funcione totalmente automatizada de manera que un operario se encargará de cargar material de forja estampada por una cinta de carga, descargar la pieza terminada en una bandeja y efectuar las medidas, controles de calidad y ajustes de las máquinas necesarios, así como rearmes y pequeñas reparaciones.

A continuación se muestra el lay-out:

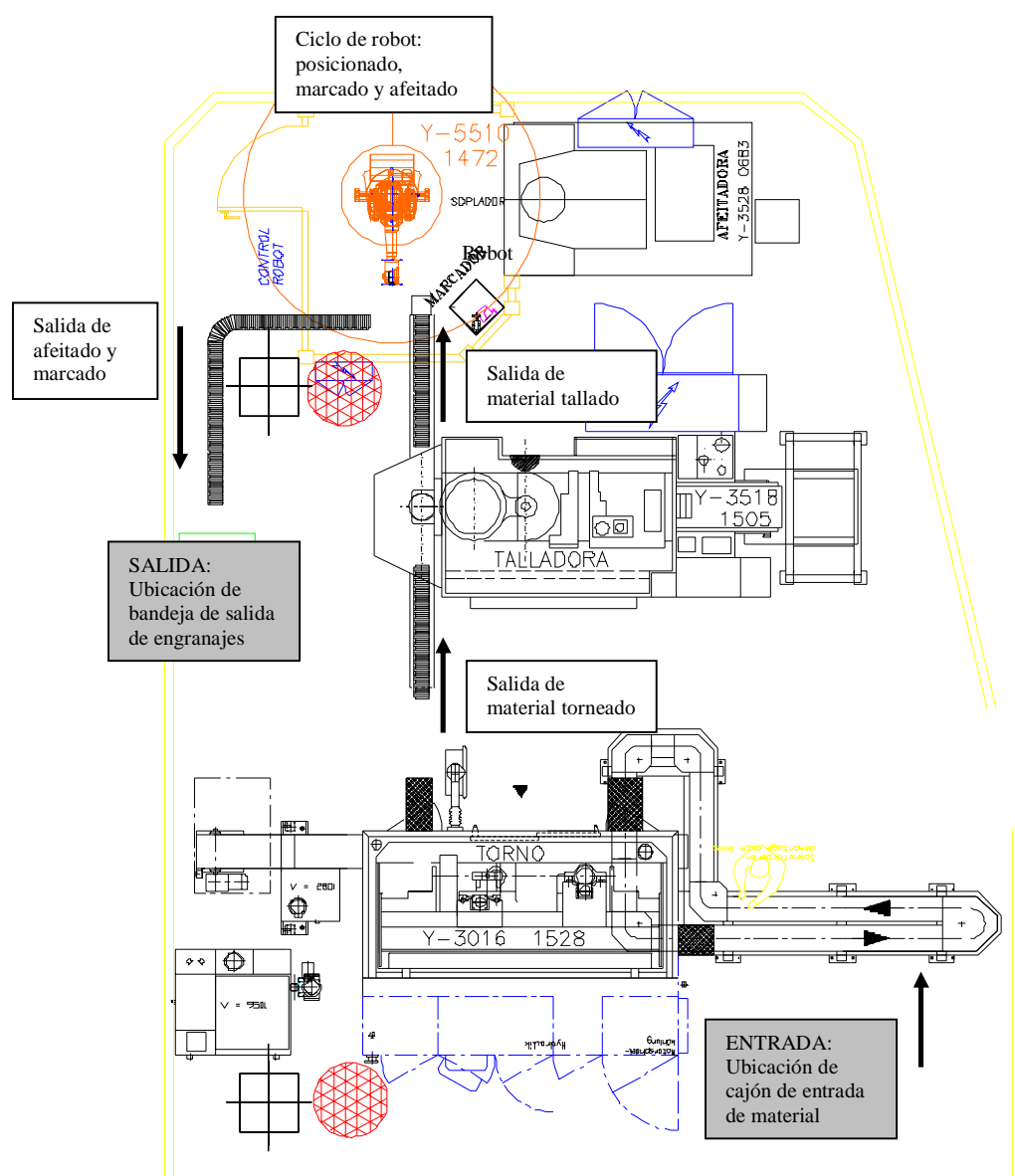


Figura 4.10. Lay-Out de la célula 145 de mecanizado en verde

Por tanto, esta célula constará de los siguientes equipos por orden de intervención:

1. Torno Hessap: se trata de un torno vertical de doble cabezal con transfer automático. Cuenta con una cinta-almacén de carga y otra de salida necesarias para la carga y descarga automática. En la cinta de carga el operario deposita manualmente las piezas de forja mientras que la cinta de descarga introduce automáticamente las piezas en la talladora.



Figura 4.11. Torno vertical de dos cabezales Hessapp

2. Talladora Liebherr: recibe las piezas que proceden del torno mediante la cinta de descarga. Internamente lleva un carrusel de 4 posiciones que corresponden a la carga y descarga de piezas, y las operaciones de tallado y desbarbado. La operación de tallado se lleva a cabo mediante fresa madre enteriza de metal duro de aproximadamente 300 mm de longitud que se desplaza 2 mm axialmente cada nuevo tallado. La operación de desbarbado se lleva a cabo mediante un sistema de dos brazos móviles en cuyos extremos se encuentran unas fresitas helicoidales giratorias que se adaptan al perfil del diente para achaflanarlo y matar la arista viva.



Figura 4.12. Vista general de la talladora de alta velocidad en seco Liebherr

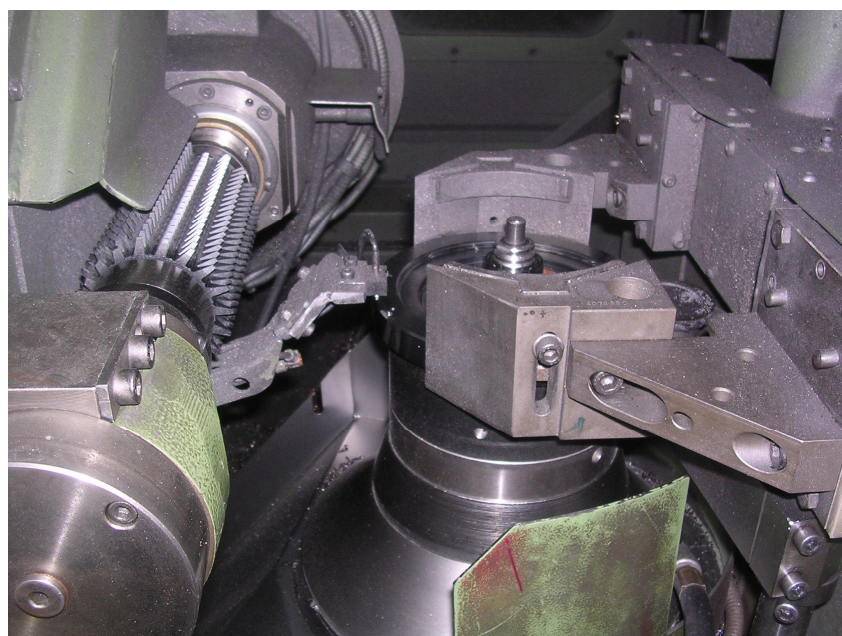


Figura 4.13. Interior de la talladora donde se puede observar la herramienta o fresa madre, la pieza torneada preparada para ser tallada y su sensor de enhebrado.

3. Robot ABB: se encarga de sacar las piezas de la cinta de descarga de la talladora para continuar con las siguientes operaciones que a continuación se enumeran por orden.

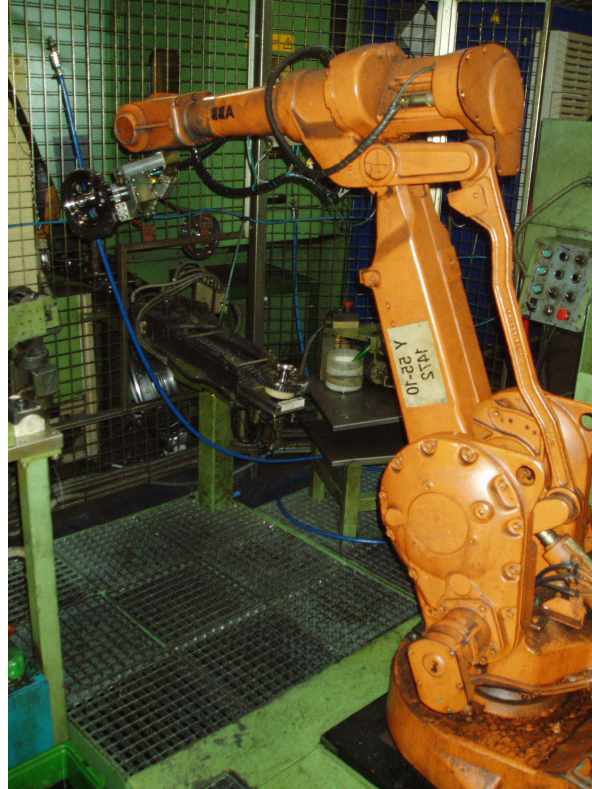


Figura 4.14. Robot ABB que coloca las piezas automáticamente en diferentes estaciones

4. Posicionador magnético: solo interviene en la referencia R504614 que lleva una posición relativa de marcaje respecto a la posición del dentado. Es la primera operación que hace el robot según saca la pieza de la talladora. El posicionador tiene un motor y un detector magnético que detecta un los nervios de la piezas mientras gira y la deja posicionada para que el robot la introduzca posicionada en la marcadora.

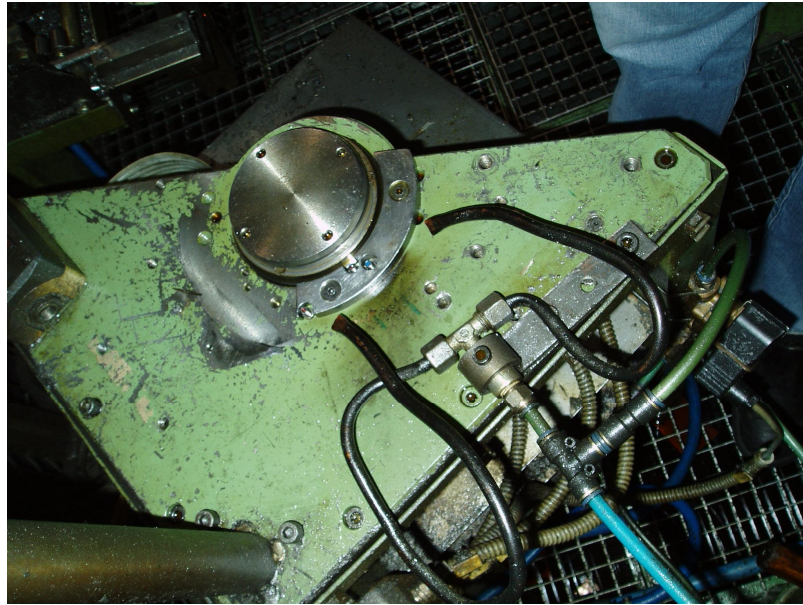


Figura 4.15. Posicionador magnético que orienta la pieza R504614 para su posterior marcado

5. Marcador hidráulico: en función del posicionamiento de la pieza, si es que lo necesita, el robot coge la pieza y la deja en el marcador donde marcará la referencia y un timing-mark, o marca de sincronismo necesario para la correcta posición el montaje de engranaje en el motor.



Figura 4.16. Marcador hidráulico

6. Afeitadora Hurth: la última de las operaciones donde interviene el robot es el afeitado. Como se comentaba antes, esta debe ser la última operación para tratar que los flancos de los dientes lleguen en las mejores condiciones. Una vez afeitada la pieza el robot lo lleva a la rampa de descarga donde el operario la recoge la deposita en la bandeja que irá a la zona de tratamientos térmicos.



Figura 4.17. Afeitadora de flancos Hurth

En cuanto a los operarios, esta célula consta de 3 operarios que se distribuyen en 3 turnos: 3 turnos de 8 horas diarias (de mañana de 6 a 14h, de tarde de 14 a 22h, y de noche de 22 a 6h) que ocupan la jornada de lunes a viernes. Esto significa se trabaja un total de 120 horas semanales.

4.4. Línea de Rectificado

El rectificado de las referencias procedentes de la célula 145 se divide entre operaciones dentro de JDISA y operaciones llevadas a cabo en el exterior. Por razones tecnológicas y de capacidad es necesario subcontratar el rectificado parcial de la referencia R504614 y total de la R523409.

La línea de rectificado que se encuentra en JDISA y que trabaja casi en exclusiva para la R504614 es la línea 6, y consta de las siguientes operaciones y máquinas:

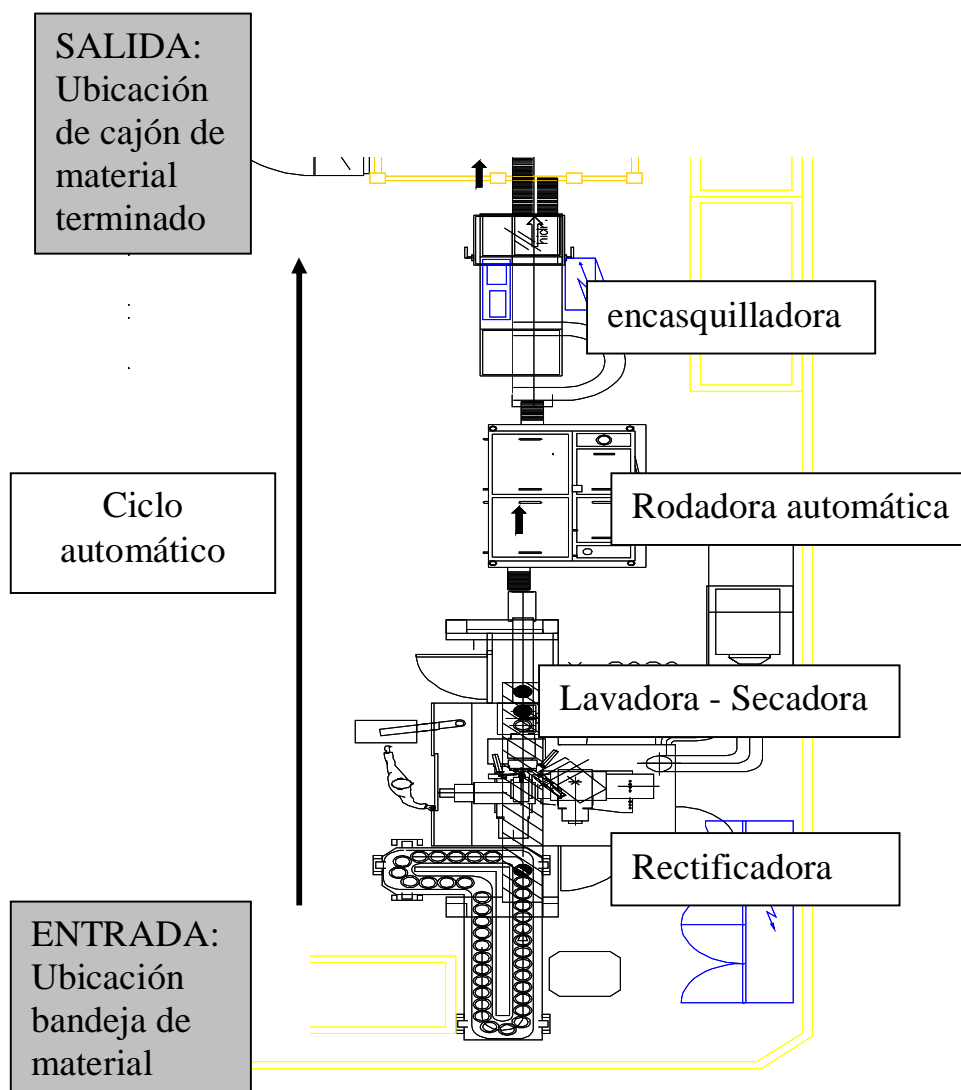


Figura 4.18. Lay-Out de la línea 6 de rectificado

1. Rectificadora Overbeck: se trata de una rectificadora que se encarga de las operaciones de rectificado del diámetro interior y del refrentado de la cara opuesta a la de los nervios, concretamente la que lleva el timing-mark.



Figura 4.19. Rectificadora de interiores y frentes Overbeck-Danobat

2. Lavadora-secadora: en esta operación la pieza sale completamente limpia y seca de polvo del rectificado y otras impurezas superficiales procedentes de la operación de los tratamientos térmicos, apta para la operación siguiente.
3. Medición automática de interior: una vez limpia y seca la pieza, se pasa por una unidad de medición automática del rectificado interior mediante un tampón electrónico. Si la pieza sale fuera de especificaciones, automáticamente la deshecha.

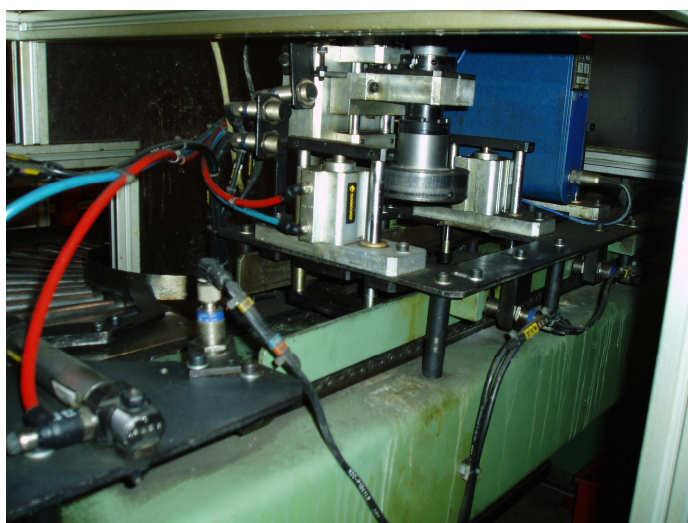


Figura 4.20. Línea de medición automática de interiores

4. Rodadora automática: una vez rectificada y limpia la pieza, se rueda contra un patrón de manera que se detecta posibles defectos de rodaje de la pieza (medida del diámetro primitivo, salto de rodaje y golpes entre dientes). Esta operación es totalmente automática y asegura una comprobación 100% de todos los engranajes.

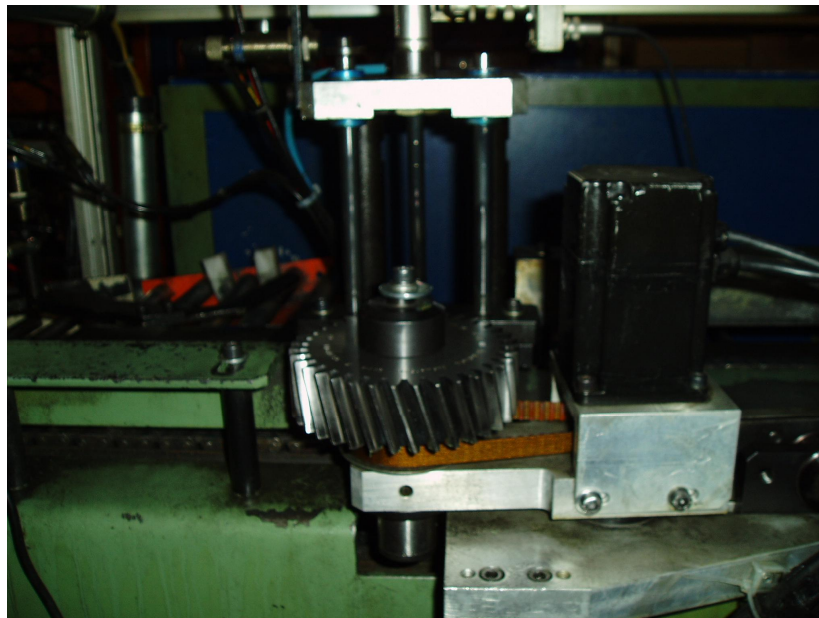


Figura 4.21. Rodadora automática de engranajes que detecta golpes o ruido.

5. Encasquilladora: en esta operación se le añade un casquillo de aluminio al engranaje en su interior mediante un cargador y una prensa, ambos automáticos. Una vez añadido el casquillo, el engranaje R504614 pasa a denominarse conjunto RE508489.

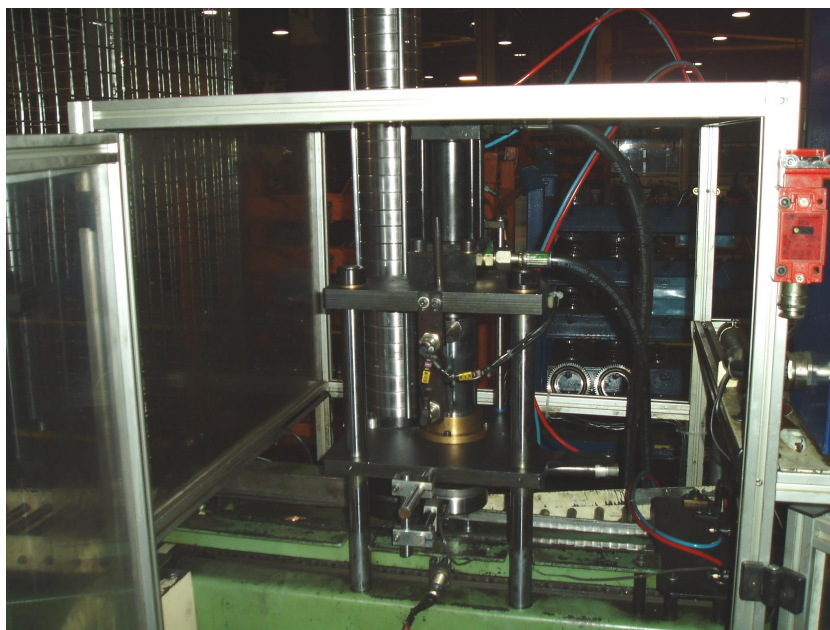


Figura 4.22. Encasquilladora automática que se utiliza para el interior de la R504614

4.5. Planificación de la producción

En este apartado se explicará cómo se planifica la producción tanto en la célula 145 como en la línea 6. La planificación se llevará a cabo de forma anual, justo en el comienzo del año fiscal, que en John Deere empieza con el mes de noviembre, aunque esta está sujeta a modificaciones en función de las fluctuaciones importantes del mercado. Evidentemente, la planificación se crea en función de las previsiones de las ventas de motores, y dependiendo del volumen de cada una de las gamas que se venderán, así se planifica la cantidad de cada engranaje que será necesario producir.

Cómo dato, la venta de motores de un año normal puede llegar a ser de 150.000 motores lo que equivale a un total de casi 1.000.000 de engranajes. La venta de motores no solo está destinada al sector de la maquinaria agrícola, donde John Deere es el líder absoluto, sino que también está dedicada a otro tipo de maquinaria, generadores diésel de energía eléctrica e incluso para motores de barcos.

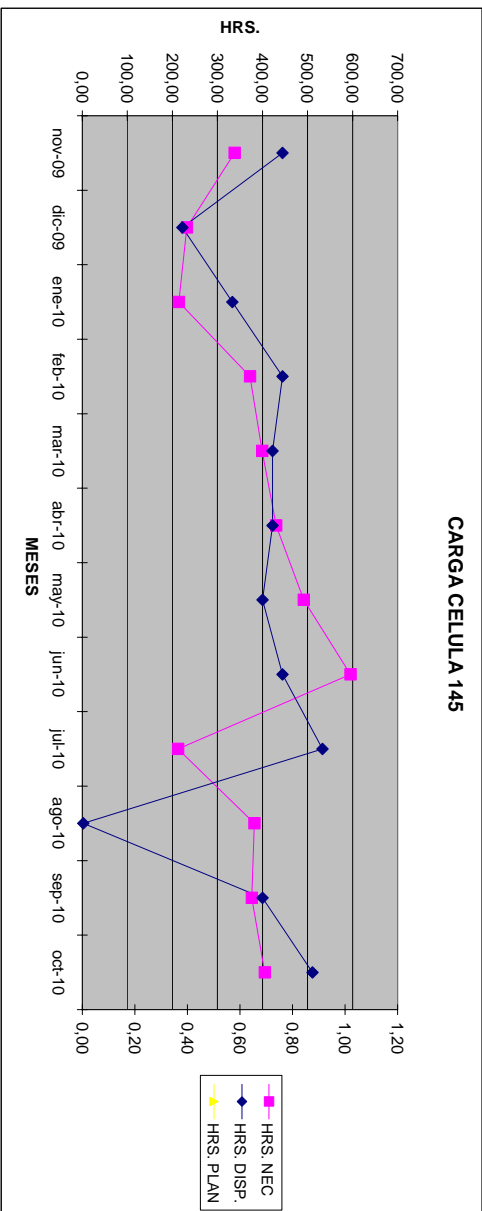
Este mercado, como muchos otros, tiene fluctuaciones y las previsiones iniciales es fácil que sean modificadas al cabo del año, pero es necesario utilizarlas como punto de partida a la hora de planificar la producción.

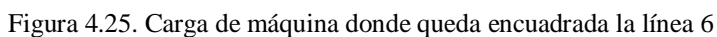
A continuación se mostrará la hoja de cálculo, llamada Carga de Máquina, de la célula 145 y la línea 6 (Figuras 4.24 y 4.25) donde se podrá observar cómo se realiza esta planificación. En ella se podrá seguir fácilmente el procedimiento de cálculo. No obstante, aquí figura una breve explicación:

- En primer lugar, se divide la producción del año por la previsión de cada uno de los meses de cada una de las referencias que se mecanizarán.
- Después, se analizan las horas necesarias para producir el volumen total de cada mes, en función del número de piezas y las horas estándar que se emplean para fabricar cada pieza. Estas horas estándar, son las horas que utilizan los ingenieros del departamento de tiempos y métodos para calcular cuanto tiempo es necesario para fabricar una pieza.
- A continuación, las horas estándar se traducen en horas reales aplicando dos factores de corrección, que son la eficiencia y la cobertura productiva, y que por la experiencia adquieren valores muy determinados. Estas se comparan con las horas totales disponibles en el mes en función de los días laborables y un factor de corrección relativo al absentismo y una primera estimación de operarios necesarios. La relación entre horas necesarias reales para sacar adelante la producción y las horas disponibles en el mes, nos dará las necesidades de mano de obra de cada mes.
- Por último, la estimación de operarios necesarios deberá coincidir con el número de operarios reales que se obtiene del cálculo. Al final, el cómputo global de horas disponibles debe ser mayor que el de horas necesarias, aunque la diferencia deber ser mínima para una optimización de recursos.

[illegible]

ACCION	DESCRIPCION	CONTINGENCIA





Se puede observar como hay algunos meses que el número de operarios necesarios es mayor que el disponible, y otros, que no se necesitan tantos. Esta situación hace que sea necesario balancear la producción de manera que habrá meses que se deba producir en exceso a costa de generar un cierto stock para luego poder consumirlo en los meses en los que el pico de producción sea elevado o la capacidad de un determinado momento sea demasiado baja (por ejemplo, meses de agosto y diciembre).

Por tanto, se puede deducir de la forma de calcular la planificación, que la célula deberá trabajar siempre al máximo de su capacidad y, solo se perderá esta premisa cuando el stock generado sea excesivo, por ejemplo, por una caída brusca de los pedidos o por una productividad anormalmente alta.

Cada unidad productiva tiene pocas referencias que producir, por lo que no es necesario efectuar demasiados cambios de referencia. Es preferible producir lotes largos de aproximadamente 2 o 3 semanas de duración a costa de generar cierto stock, minimizando al máximo los cambios de referencia ya que, sobre todo en la célula de mecanizado, los cambios suelen tardar entre 1 y 3 turnos.

Por tanto, el operario sabe en todo momento que referencia tiene que producir y en que cantidad, ya que los cambios de referencia se programan con una semana de antelación en función de los pedidos en firme. No hay que perder de vista que la planificación se lleva a cabo en base a previsiones que luego deber materializarse, por lo que es importante adaptarse a las necesidades del cliente y ser flexibles ante ellas.

Todo lo enunciado anteriormente, parece ir en contra de lo que promulga cualquier sistema de producción basado en la filosofía del Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta: se generan stocks de material terminado, los cambios de referencia son lentos, es necesario acumular más materia prima de lo que en un principio sería necesario, etc. Pero también hay que conocer las características y limitaciones de la fábrica y de las máquinas con las que se trabajan. Se han logrado muchas mejoras como el cambio la organización de las máquinas, pasando de baterías de tornos, talladora, afeitadoras, etc., con grandes stocks de piezas esperando a ser procesadas, a organizarlas en células de fabricación en U, donde entra una pieza en bruto y sale terminada, en lotes de fabricación pequeños, y donde se puede llevar una buena trazabilidad. Ahora se trata de implantar numerosas mejoras mediante DPS, pero aún queda mucho para poder producir lotes pequeños en base a pedidos concretos de los clientes, con cambios rápidos de referencia, dando un paso más en la disminución de los stocks. Muchas de las máquinas que todavía trabajan son viejas pero fiables, sin control numérico y sin estar pensadas bajo la filosofía del SMED, y además, integradas en sistemas complejos de automatización. Ya se ha hecho un gran trabajo para reducir este tiempo de cambio de referencia, pero aún queda por mucho por delante para llegar a la idea de que el tiempo de pasar de una referencia a otra no sea algo a tener en cuenta a la hora de programar la producción.

4.6. Análisis y situación previa a DPS

Ya en el capítulo 3 se explican los fundamentos de la filosofía de DPS y cuales son los objetivos que persigue su aplicación. No obstante, muchos de sus conceptos son genéricos en función de la zona o departamento en que se vayan a aplicar y, por tanto, es necesario analizar qué se necesita aplicar en cada caso y cómo se llevará a cabo. En este proyecto, y tal como se ha explicado en este capítulo, la aplicación de DPS se llevará a en todo el proceso productivo y organizativo que afecta a los engranajes reflejados anteriormente, aunque es necesario estudiar dentro de este ámbito en qué situación inicial se encuentra, qué aspectos hay que tratar en función de las indicaciones de DPS y cuáles son los cambios que hay que llevar a cabo.

Como punto de partida para comenzar este análisis se distribuirán los puntos a tratar en cuatro aspectos, dictados por DPS, que definen la situación del proceso productivo estudiado en este proyecto: Calidad, Eficiencia, Entregas y Seguridad.

4.6.1. Calidad

La forma de controlar la calidad, no solo en la célula 145 y en la línea 6, sino en toda la fábrica es la que refleja la hoja de proceso o llamada HDM, Hoja de Datos Mecánicos (Ver Anexo I del proyecto). En ella se reflejan todos los detalles relativos al proceso productivo como por ejemplo herramientas a utilizar, avances de máquinas, programas de torneado o tallado, operaciones de mecanizado, planos y, todos los aspectos relativos al control de la calidad. En la HDM se encuentran códigos y nombres de calibres a utilizar, medidas a controlar, rangos de tolerancia, frecuencias de medición y otros detalles destinados a asegurar que todas las piezas están dentro de los límites establecidos por el proceso. Así se podrán realizar los ajustes y correcciones necesarios en las máquinas en el caso de que alguna medida vaya fuera de tolerancia. Además los calibres y otros aparatos de medida estarán sujetos a revisiones periódicas que aseguren la correcta medición.

Si bien este método nos asegura que se están haciendo piezas buenas, hay características críticas por razones de funcionalidad del engranaje, mecanizado posterior o por problemas anteriores en el cliente que requieren de un tratamiento más especial y que necesitan que estén bajo control en todo momento. No es suficiente con que esta medida crítica esté dentro de tolerancia, sino que además debe tener una repetitibilidad entorno a la medida nominal determinada. Es decir, las medidas deben estar lo más cerca posible de la medida nominal y ya no es suficiente con que estén dentro de tolerancia simplemente. Esta tendencia cercana a la medida nominal es la que se conoce cómo tener el proceso bajo control. La forma de controlar esta característica crítica no está contemplada en la HDM y por tanto será necesario utilizar una herramienta adicional llamada Control Estadístico del Proceso o SPC.

Otro aspecto tener en cuenta es acerca de la forma de medir la marcha de una célula de mecanizado en calidad. La forma de medirla era directamente en piezas malas por millón que llegaban al cliente. Esto no contemplaba aspectos como chatarra o scrap generado o piezas reprocesadas. Además de afectar a la productividad, refleja un mal funcionamiento de la

célula y un defecto en la forma de controlar la calidad, por lo que es necesario adquirir otro indicador que vigile este aspecto y que es el de piezas buenas a la primera o FPY.

En la HDM, tampoco se refleja nada acerca de los cuidados para la conservación de los calibres. Es necesario mantenerlos en perfectas condiciones de limpieza para asegurar su correcto funcionamiento de manera que habrá que establecer un procedimiento de orden y limpieza llamado 5 S. Como se verá más adelante, esto se aplicará en otros muchos aspectos.

En definitiva, no es suficiente con utilizar la valiosa HDM, sino que es necesario añadir algunos elementos accesorios que permitan un mayor control de la calidad así como una mejora continua de sus indicadores.

4.6.2. Eficiencia

En este proyecto, diferenciaremos los conceptos de eficiencia y productividad. Como productividad se entiende la relación entre lo que se obtiene de un medio productivo y los recursos empleados para conseguirlo, mientras que con la eficiencia se mide la producción obtenida traducida en horas dividido por el equivalente de tiempo productivo empleado. La diferencia por tanto se refiere que la primera emplea tiempos productivos y no productivos mientras que la segunda solo emplea tiempos productivos. Se puede ser muy eficiente pero poco productivo, pero nunca muy productivo y poco eficiente. No obstante, ambos elementos van de la mano y es necesario fomentar ambos.

Evidentemente, a cualquier empresa le interesa niveles muy altos de productividad y eficiencia para obtener mayor rentabilidad y mejores beneficios. La forma de incrementar estos indicadores es mejorando los medios productivos y organizativos, invirtiendo en instalaciones y maquinaria más moderna, rápida y fiable y obteniendo de los recursos humanos un mejor rendimiento a partir de una buena organización del trabajo.

La forma de organizar el trabajo que John Deere ha tenido a lo largo de su historia ha sido el denominado Sistema Incentivo. Este sistema está basado en premiar económicamente la alta productividad de cada operario. Mediante este sistema cada operario trabaja en un único puesto de trabajo de manera que cada día tiene que sacar una producción mínima, y después, en función de toda la adicional que obtenga así será el incentivo económico. Esto promueve que cada operario intente sacar la máxima producción posible.

Este sistema de trabajo es muy rígido ya que un operario solo puede trabajar en un solo puesto de trabajo de manera que si un día su célula tiene problemas, no podrá trabajar en otro sitio, con lo que se impacta a la productividad, o si es necesario reforzar el trabajo en otro puesto por necesidades de producción, tampoco podrá ir. Además, no podrá utilizar su conocimiento y experiencia para aplicarlo en otras células de similares características.

Esta falta de flexibilidad y puesta en común de ideas y experiencias hace que sea necesario plantear un profundo cambio a la hora de organizar el trabajo. Es mandatorio en los tiempos actuales que una fábrica que produce componentes se adapte rápidamente y en todo momento a la demanda del mercado. Este cambio, es por tanto, el paso del antiguo Sistema Incentivo al Sistema de Trabajo en Equipo, donde la flexibilidad de los operarios es

fundamental así como la puesta en común de ideas, conocimiento y buenas prácticas, realización conjunta de proyectos de mejora continua y, lo que es muy importante para la productividad y la eficiencia, los objetivos a cumplir para obtener el incentivo económico de los trabajadores son comunes para todos y solo se conseguirán aunando esfuerzos. Ya no valdrá con que un operario simplemente se saque su producción sino que se tendrá que involucrar activamente dentro de su equipo de trabajo para conseguir entre todos alcanzar las metas que significan el reparto del incentivo económico que supone.

4.6.3. Entregas

Otro aspecto muy importante es la capacidad que tenga el departamento de engranajes del motor o la misma fábrica para entregar a tiempo su producción. Es muy importante suministrar los pedidos a tiempo para no parar las cadenas de montaje de motores, tractores o cosechadoras y además hacerlo en la cantidad justa para no generar inventarios innecesarios. Para asegurar la entrega a tiempo es fundamental que se vaya cumpliendo la planificación y programación previa y para ello es indispensable asegurar una disponibilidad operativa de los medios productivos. Es crítico reducir todo lo posible los tiempos de parada de máquina por averías u otras incidencias así como otros tiempos improductivos derivados del absentismo, falta de aprovisionamiento de material o herramientas, preparación de máquinas por cambio de referencia, etc., para cumplir todo lo previsto.

Para asegurar una buena disponibilidad productiva el principal problema que impacta en una zona donde el mecanizado es la principal actividad son las averías. Hay que tener en cuenta que cada célula de fabricación tiene entre 4 y 8 máquinas, de las cuales algunas son muy antiguas y que además están integradas y automatizadas con otras más modernas. Estas máquinas trabajan bajo condiciones de corte muy exigentes, con aceites y taladrinas, generando grandes cantidades de viruta y con sistemas eléctricos muy sensibles.

A pesar de contar con un departamento de mantenimiento que se encarga de reparar a la mayor brevedad posible todas estas averías, sus recursos son limitados y en ocasiones el servicio no puede ser tan rápido como sería deseable. Por otro lado, una gran cantidad de averías que provocan la parada de la célula proceden de pequeñas incidencias como pueden ser niveles de engrase o aceite bajos, filtros sucios y obstruidos, sensores sucios, etc. Estas intervenciones, a pesar de ser relativamente sencillas de solucionar, no son responsabilidad del operario y una vez surgida alguna de ellas, éste se parará, avisará al supervisor para que emita la orden de trabajo a mantenimiento.

Por tanto, una forma de reducir todas estas paradas de célula de fácil solución es tratando que el operario se haga cargo de ellas. Éste está trabajando con sus máquinas 8 horas al día durante 5 días a la semana de manera que adquiere un grado de conocimiento muy alto que no solo le permitiría la capacidad de llevar a cabo todas estas reparaciones sino que podría ser capaz incluso de prever y anticiparse a la parada. Con un pequeño periodo de formación destinado a todas estas pequeñas intervenciones, se reduciría el tiempo perdido hasta la recibir la asistencia de mantenimiento de manera que la disponibilidad de célula no se vería resentida. Además se conseguiría una mayor involucración del operario y podría sugerir mejoras destinadas a que no se pararan las máquinas.

Esta forma de aprovechar la experiencia y conocimiento del operario para evitar estas pequeñas paradas de célula se conoce como Automantenimiento y es otra de las herramientas que DPS propone.

4.6.4. Seguridad

Para toda la compañía John Deere la seguridad del trabajador se ha convertido en uno de sus grandes objetivos dentro de su estrategia. Además de sus otros grandes objetivos de beneficios económicos, calidad, expansión, cuota de mercado, etc., la política de compromiso con el trabajador se ha introducido como otro elemento indispensable a desarrollar e implementar. Por tanto, la seguridad será tomada como un apartado muy importante en la aplicación de DPS. De hecho, la inversión de la compañía en materia de seguridad como adecuación de instalaciones, células y máquinas ha sido más que considerable.

Antes de la llegada de DPS, la forma de medir las condiciones de seguridad e higiene de los trabajadores estaban bajo el marco de la ley de prevención de riesgos laborales. Si bien esto no es nada desdeñable, es necesario establecer una forma de asegurar que las condiciones de cada célula y cada trabajador son las óptimas para llevar a cabo su actividad. Para ello hay que chequear constantemente la situación de seguridad, orden y limpieza bajo auditorías internas y externas. Estas auditorías son las que propondrá DPS de manera que se puedan cumplimentar al 100% y, en caso contrario, obtener puntos de mejora y cambios a acometer.

5. IMPLANTACIÓN DE DPS.

En este apartado se explicará en que lugar de de JDISA se aplicarán los principios de DPS. La aplicación de DPS depende del lugar de la fábrica donde nos encontremos ya que bajo la raíz de una misma filosofía, ésta hay que entenderla en función de si estamos en el departamento de compras, mantenimiento, nuevos proyectos, o incluso en fabricación en la zona de mecanizado o en la zona de montaje. En este proyecto, se tratará la aplicación de DPS en la zona de mecanizado de engranajes.

5. Implantación de DPS

En este capítulo se explicará el proceso de implantación de DPS. Este proceso será extensivo a todas las unidades productivas de John Deere Ibérica, aunque en este proyecto se concretará en la célula 145 y la línea 6 de rectificado, zonas cuyo funcionamiento se ha explicado en el capítulo anterior. A continuación, mediante una breve explicación se mostrará la secuencia de implantación paso a paso.

En primer lugar, y como meta de DPS, se definirán unos objetivos a cumplir que harán que las unidades productivas estén en unos niveles adecuados de competitividad. Estos objetivos deberán estar cuantificados y medidos por unos indicadores a nivel de taller los cuales deberán estar alineados con los generales que figuran a nivel de certificación de DPS.

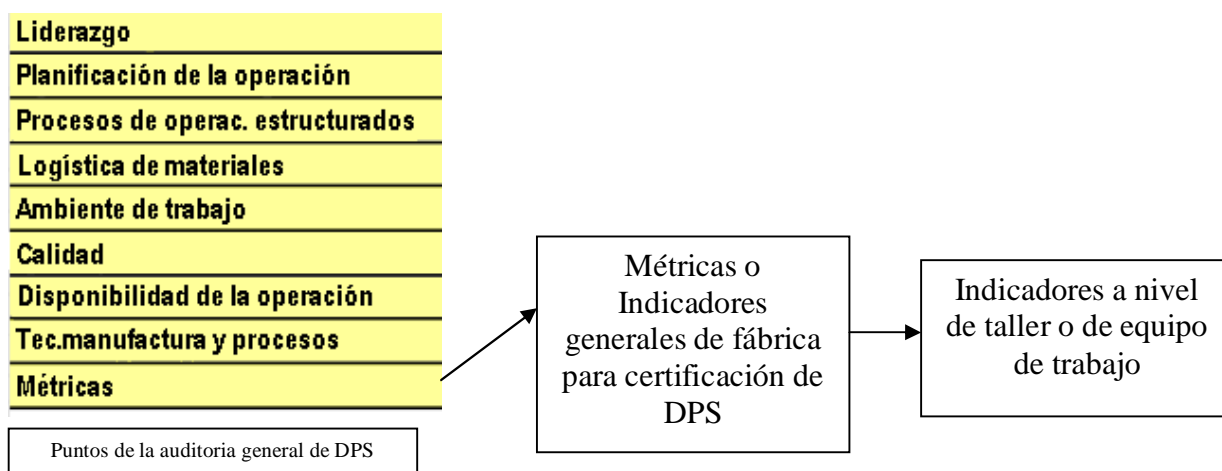


Figura 5.1. En el siguiente esquema se muestra de dónde se obtienen los indicadores de la marcha de la fábrica y del equipo de trabajo

Una vez definidos los objetivos a cumplir se irá implantando una sucesión de herramientas que permitirán mejorar los indicadores de taller y así conseguir estas metas.

Lo primero que hará será definir la nueva forma de organizar el trabajo de los operarios mediante la propuesta de DPS llamada Trabajo en Equipo. Lo que se trata es que mediante esta nueva perspectiva se optimice la forma de trabajar y se oriente a la consecución de resultados generales del equipo y no del propio operario.

Después se explicará y se analizará el proceso de fabricación a nivel organizativo (el técnico ya se trató en el capítulo anterior). Mediante la herramienta del Mapa de la Creación de Valor, se podrá visualizar de forma sencilla que ineficiencias tiene este proceso productivo y donde se podrán mejorar.

A continuación, se hablará del proceso de implantación de la filosofía del Kaizen o Mejora Continua en las unidades productivas de este proyecto. Con ella se tratará de obtener pequeños proyectos que permitan mejorar indicadores relativos a la calidad, eficiencia, entregas y seguridad.

El siguiente paso será buscar el aumento de la disponibilidad de máquina mediante el Automantenimiento de manera que sea mejorada la productividad a costa de

disminuir el tiempo que permanecerán las máquinas paradas por averías u otras causas que impidan su funcionamiento.

Para un mejor control de calidad de características críticas de las piezas, el DPS propone el SPC o Control Estadístico de Procesos. Mediante análisis estadístico se tratará de limitar la variabilidad de un proceso de manera que se mantenga lo más estable posibles características de piezas que revistan mayor importancia.

Por último, se llevará a cabo una de las aplicaciones más importantes del sistema de Manufactura Esbelta, las 5 ‘S’ u orden y limpieza del puesto de trabajo. Con este método se pretende descubrir fuentes de despilfarro para después tratar de eliminarlas y conseguir una mayor eficiencia del trabajo del operario y un mejor ambiente de trabajo. Todas estas herramientas no tienen porque seguir una secuencia temporal ya que en realidad, muchas se podrán llevar a cabo al mismo tiempo. No obstante, como se explicaba en el cronograma de los primeros capítulos, todo está planificado y acotado temporalmente.

A continuación, se muestra un esquema del capítulo 5 o la implantación del DPS en la célula 145 y la línea 6 de rectificado:

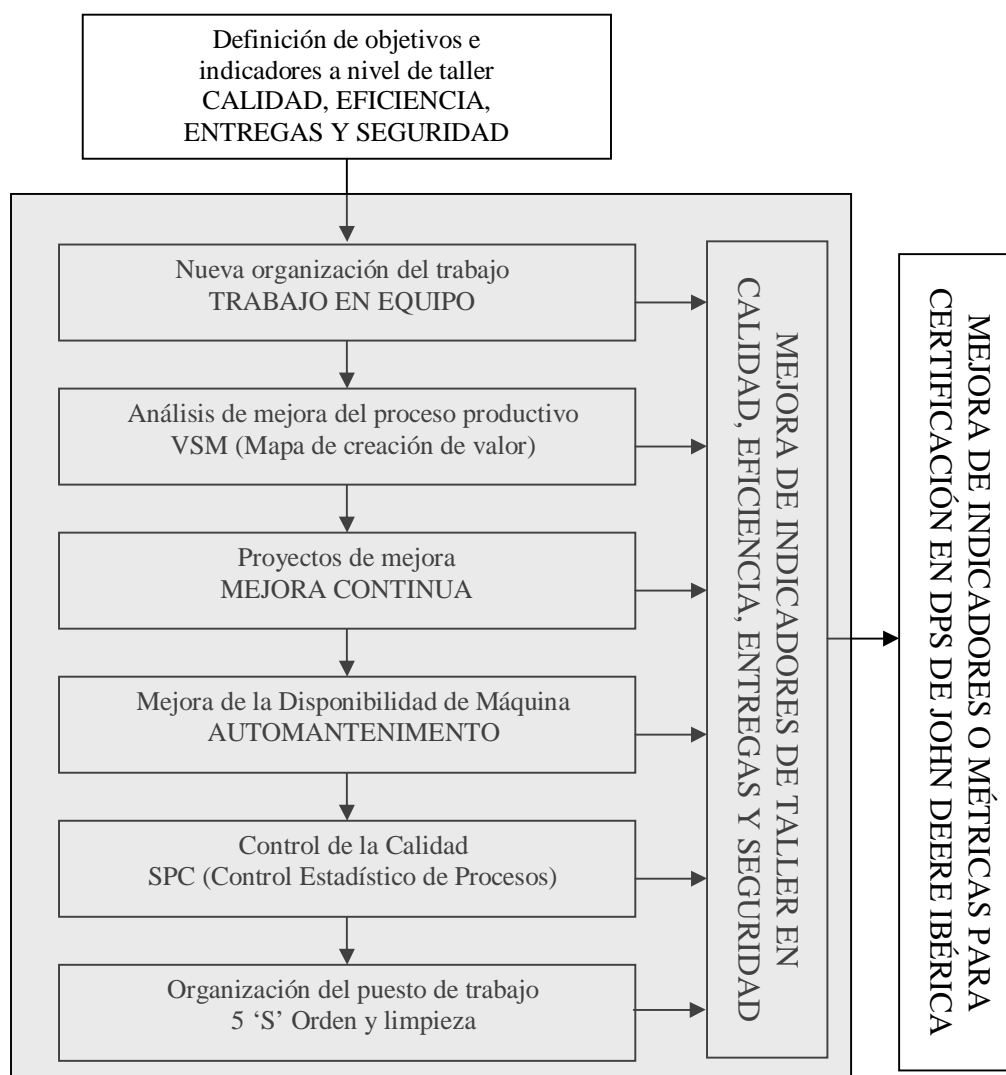


Figura 5.2. En sombreado figura la aplicación de DPS en la célula 145 y línea 6

5.1. Indicadores y objetivos del Equipo de Trabajo

El primer paso a dar es marcar una serie de objetivos que cumplir que aseguren la buena marcha de la actividad que realice una unidad productiva como serán en este caso la célula 145 y la línea 6. Estos objetivos deben ser medibles por unos indicadores que nos indiquen lo cerca o lo lejos que estamos de conseguirlos. Los indicadores generales que establece DPS a nivel de fábrica son muy útiles a escala macroscópica, pero no reflejan de forma fidedigna la marcha real de una célula de mecanizado o línea de rectificado. Por tanto, es necesario definir unos indicadores más prácticos y concretos que reflejen de forma más cercana y concisa la marcha del equipo de trabajo. Por supuesto, estos objetivos a nivel de célula o de línea deberán estar alineados con los que persigue DPS a nivel general, de manera que el alcance de los objetivos marcados por todas la unidades productivas deberán dar como resultado la consecución de las metas que DPS persigue.

Es muy importante saber en todo momento cómo está funcionando el equipo de trabajo para eliminar ineficiencias o problemas que puedan surgir lo más rápidamente posible o para mejorar respecto de la marcha del equipo en periodos anteriores. Por ello, todos los equipos de trabajo tienen sus propios paneles de indicadores que permiten observar a simple vista en qué estado se encuentran. Los indicadores de trabajo están alineados con los cuatro pilares sobre los que está basada la Mejora Continua: Calidad, Seguridad, Entregas y Eficiencia.

5.1.1. Indicadores de Calidad:

- FPY: First Part Yield o piezas buenas a la primera. Son todas aquellas piezas que no necesitan ser reprocesadas o tiradas directamente al scrap. El objetivo es que el 95% de las piezas producidas sean buenas a la primera.
- PPMs en el cliente: este indicador muestra las piezas defectuosas encontradas por el cliente por cada millón que se le entregan. Este indicador es muy importante ya que nos da una medida real de la calidad que está percibiendo el cliente. El objetivo para este año es conseguir estar por debajo de 300 ppm. Es un objetivo ambicioso puesto que el año pasado estaba fijado en 700 ppm.

5.1.2. Indicadores de Eficiencia:

- Aumento de la Eficiencia: Es el porcentaje que se ha incrementado en el trimestre la eficiencia base. Se entiende la eficiencia como el cociente de las horas Output entre las horas Input, es decir, la producción obtenida traducida en horas entre las horas productivas o exentas de incidencias. Esto quiere decir que el tiempo en que se está produciendo sea eficiente. El objetivo es estar siempre un 10% por encima de la eficiencia base.

- Productividad: este indicador se entiende como el cociente de todas las horas Output que ha generado el equipo entre las horas de presencia. Refleja los recursos que se han empleado para obtener una determinada producción. Es por tanto, uno de los indicadores más importantes a tener en cuenta. En este indicador influyen las averías de máquinas, paradas por falta de material o herramienta, y otros factores que impidan que se obtenga el máximo de producción estimado. Como objetivo la empresa fija que en engranajes del motor la productividad debe estar siempre por encima del 80%.

5.1.3. Indicadores de Entregas:

- Disponibilidad de célula: aquí queda reflejado el aprovechamiento de la célula, o tiempo total que las células han estado trabajando del total disponible. Se entiende que una vez calculada y planificada la capacidad de producción, no debería haber problemas de entregas. En el departamento de engranajes del motor, la mejor contribución a que se cumplan las entregas es intentar un máximo aprovechamiento de las células de producción. Se utilizan las siglas OEE (Overall Equipment Efficiency). Aquí todas las incidencias improductivas impactan en este indicador. Todas las pérdidas además quedan reflejadas en el siguiente indicador, y nos servirá de gran ayuda a la hora de acometer acciones correctivas. El objetivo es 60% del tiempo de disponibilidad
- Pérdidas: en este gráfico se desglosa las causas por las cuales no ha podido aprovecharse el 100% del tiempo las células. Estos motivos de pérdidas pueden ser averías de máquina, falta de material, falta de herramienta, absentismo, reajustes de máquina, reprocesos, preparaciones de máquina, scrap generado o piezas fabricadas defectuosas, etc.

5.1.4. Indicadores de Seguridad:

- Auditoria de Seguridad y 5 'S': estas auditorías miden el estado de seguridad e higiene en que se encuentra el puesto de trabajo y se hacen de forma conjunta con la de 5 'S' mensualmente, siendo responsabilidad del supervisor llevarlas a cabo. Estas reflejan el estado en que se encuentran las células día a día por lo que se realizarán sin previo aviso y sin que el operario se haya preparado para ellas. Una vez realizadas, estas se ponen en común con el equipo para buscar oportunidades de mejoras. El objetivo en ambas es del 85%. A continuación, se muestra un ejemplo de estas auditorías.

SEGURIDAD						
Etapas	Parametro a Evaluar	10	-50	SI	TOTAL	
EPI's	¿Se llevan puestas las Gafas de Seguridad en todo momento?*	-12,5		3	4	
			1 o más de 1 no llevan			
	¿Se llevan el resto de Protecciones según la especificación del puesto(CALZADO, TAPONES, GUANTES...)?	10,00				
			1 o más de 1 llevan			
Total puntos Max 20		-2,50	-2%			
Seguridad en Maquinas y Htas		10	0			
	¿Los dispositivos de Seguridad existentes y las protecciones estan en su lugar y son operativos?	10,00				
			1 o más de 1 no lo estan			
	¿Las Htas. utilizadas son las correctas, se usan de manera correcta, están en buen estado y se evita guardarlas en los bolsillos? (Cuchillos, Buterolas con protección y sin rebabas)	10				
	¿Existen recipientes para alojar los distintos tipos de fluidos (taladrinas, aceites, Botes identificados en el puesto de trabajo?	10				
			Existe y está No existe o no está identificado			
Normas Generales de Seguridad	¿Los cuadros electricos estan cerrados?	10				
			1 o más de 1 esta cerrado			
			1 o más de 1 esta abierto			
	Total puntos Max 40	40	27%			
Emergencia y Evacuación		10	0			
	Si se dispone de pelo largo, ¿está recogido y se trabaja sin anillos ni reloj?	10				
			1 operario o más de 1 no lo cumple			
	El almacenamiento de bandejas, ¿respeta las normas de apilamiento y estabilidad?¿Premontajes apilados?	10				
			1 embalaje o más de 1 no cumplen			
	No existen en la zona Palets en mal estado con astillados o con clavos que sean un riesgo para la integridad de los usuarios del puesto	10				
			1 embalaje o más de 1 no cumplen			
Ambiente de Trabajo	¿Los cables y mangueras estan recogidos y/o fuera de las zonas de paso?	10				
			1 o más de 1 esta sin recoger			
	Total puntos Max 30	30	20%			
Calificación Final				128	85%	

Figura 5.3. Formato de auditoría de seguridad

Implantación del Sistema de Producción Lean de John Deere en una línea de fabricación de engranajes
Capítulo 5: Implantación de DPS

NOMBRE	Enrique Sánchez	CELULA	142-150-147-145					
PUESTO	Supervisor	FECHA	05/04/2010					
			Calificación Final	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #e0f0ff;">5S's</td> <td style="background-color: #e0ffe0;">Seguridad</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">87%</td> <td style="text-align: center;">85%</td> </tr> </table>	5S's	Seguridad	87%	85%
5S's	Seguridad							
87%	85%							

5S's					
Etapa	Parametro a Evaluar	Excelente 10	Bien 7,5	malo 4	Pesimo 0

Organización Seiri	¿Han sido retirados todos los artículos innecesarios?		7,5		
	Existen artículos innecesarios en la celula en numero de:	0	3	5	Más de 5
	¿Existen artículos que parezcan estar revueltos en el puesto de Trabajo?		7,5		
	Existen artículos que parezcan estar revueltos en numero de:	0	3	5	Más de 5
	¿Existen información desactualizada de procedimientos de trabajo?		10		
	Existen procedimientos desactualizados en numero de:	0	1	Más de 1	Más de 1
Total puntos Max 30		25	19%		

Seton Orden	¿ Existe un lugar especifico para cada cosa? Localizaciones		7,5		
	Cosas sin lugar especifico	0	3	5	Más de 5
	¿ Estan todos los artículos y localizaciones identificados y facilmente detectables?		7,5		
	Articulos sin identificar	0	3	5	Más de 5
	¿ El sistema de reposición de piezas es facilmente localizable en los lotes de piezas?		10		
	Pzas que no sean facilmente localizables.	0	3	5	Más de 5
	¿ Se colocan los artículos en su lugar despues de utilizarse? (Ver al final de turno)		10		
	Articulos fuera de lugar	0	3	5	Más de 5
	¿ Continen los paneles toda la información demandada y esta actualizada?		7,5		
	Errores en panel	0	Información incorrecta	Falta información	No hay panel
Total puntos Max 60		52,5	40%		

Seiso Limpieza	¿ El area y los Equipos de Trabajo estan Limpios?		7,5		
	¿ Existen recipientes para alojar los distintos tipos de desechos en el puesto de trabajo?		7,5		
		Hay todo lo que necesitamos	Falta 1 contenedor especifico	Faltan varios	No se respetan
	¿ Estan los pasillos señalizados, limpios y visibles?		10		
	Limpio, Visible y Señalizado	Pasillo señalizado	Se cumple dos de limpio y visible	Se cumple 1 de 3	No se cumple ninguna
	¿ Existe un equipo de limpieza en el lugar de Trabajo y se utiliza regularmente?		10		
	No es imprescindible que haya un armario de limpieza, si existe un lugar identificado donde dejar los itenes de limpieza	Existe el equipo y se utiliza con ubicación	Existe Equipo, se utiliza sin ubicación	Existe y no se utiliza	No existe
Total puntos Max 40		35	27%		
Calificación Final			112,5	87%	

Figura 5.4. Formato de auditoría de 5 'S'

5.2. Organización del trabajo: Trabajo en Equipo

Una vez definidos cuales serán los objetivos y los indicadores con los cuales los mediremos el siguiente elemento que se tratará en este proyecto es el de la organización del trabajo y el concepto que aplicará es el del Trabajo en Equipo. A la hora de comenzar a definir la implantación de DPS en la célula 145 y la línea 6 de rectificado, lo primero que será necesario cambiar es la actual organización de la forma de trabajar de los operarios. El cambio que supone es muy profundo ya que significará otra mentalidad distinta a la hora de la forma de gestionar el trabajo.

Anteriormente a DPS, cada puesto de trabajo estaba totalmente individualizado en cada una de las personas que lo ocupaban. Esta organización del trabajo era el denominado Sistema Incentivo y en él solo se premiaba la alta productividad del operario. Cada uno se ocupaba solo de su propio trabajo sin tener en cuenta que la unión de conocimiento, ideas y trabajo conjunto podían conseguir mejoras para todo el conjunto mucho más grandes que las conseguidas individualmente, no solo en lo relativo a la productividad sino también en aspectos de calidad, seguridad, mejora de procesos, etc. Un ejemplo, como se podrá comprobar más adelante, con el anterior sistema un operario solo podía trabajar en un solo puesto, mientras que con el actual sistema, un operario podrá trabajar en varios puestos y un puesto será conocido por varios operarios. Esto permite al equipo de trabajo una flexibilidad y una capacidad de adaptación a las necesidades de la producción que antes no era posible.

El equipo de trabajo se formará dentro de áreas limitadas y las funciones de los mismos serán determinadas en el momento de su constitución y de forma continuada con posterioridad a su comienzo. Se trata de una nueva forma de organización del trabajo, en el que la coordinación de la responsabilidad individual, se traslada al grupo de personas que trabajan en el mismo.

Tiene como objetivo la integración del trabajador en la empresa facilitando su desarrollo tanto humano como profesional y mejorando continuamente sus condiciones de trabajo al mismo tiempo que participa en los objetivos de la empresa; mejorando con su aportación y experiencia la calidad y costos de sus productos y consiguiendo con todo ello una mayor competitividad de la empresa.

Se introdujo la filosofía del Trabajo en Equipo, para adaptarse a las nuevas exigencias de la producción. Esta idea no se basa en el incremento de la productividad a costa de los trabajadores, ni que se produzca más cantidad de piezas a más velocidad; lo que se busca es trabajar más inteligentemente para conseguir los objetivos de calidad, seguridad y productividad mediante una mayor identificación con la empresa y satisfacción por parte del ejecutor de la actividad laboral. Además, el Trabajo en Equipo proporciona un incentivo económico que persigue que el beneficio individual se consiga a partir de los logros de las metas de forma conjunta, es decir, solo se conseguirá un incentivo individual si el equipo en conjunto logra cumplir sus objetivos.

En este capítulo se explicará cómo quedarán encuadradas en sus respectivos equipos tanto la célula 145 como la línea 6 de rectificado. Además se explicarán las bases de funcionamiento del sistema de Trabajo en Equipo tal y cómo están reflejadas en el acuerdo alcanzado entre la empresa y los representantes de los trabajadores.

5.2.1. Equipo Engranajes del Motor 1

El departamento de Engranajes del Motor se divide en tres equipos EM1, EM2 y EM3. La célula 145 está dentro del equipo EM1 ya que fue así como quedó en el momento inicial en que se hicieron las divisiones del departamento. Este equipo engloba además las células 142, 147 y 150.

Una de las ideas que recoge el trabajo en equipo es la flexibilidad y polivalencia de los operarios a la hora de que surja la necesidad de que se cubran puestos vacantes por urgencias de producción. Por ejemplo, en casos de vacaciones, enfermedad, etc. Para ello se establece una matriz de flexibilidad de operarios que recoge todas las posibilidades de adaptación a las necesidades de producción. Cada operario tendrá su célula de origen o en la que trabajará habitualmente y a su vez estará capacitado para trabajar en otra célula o más. Las células marcadas en color más claro son células correspondientes a otros equipos, en las cuales el operario estuvo trabajando anteriormente.

Antes de consolidarse el Trabajo en Equipo, la mayoría de operarios solo estaba capacitado para trabajar en un puesto de trabajo, pero después de una importante labor de promoción hacia los trabajadores, la flexibilidad es algo que cada vez está más logrado.

A continuación se muestra la matriz de flexibilidad o de capacitación del equipo donde se encuentra la célula 145:

Matriz de Flexibilidad

EM 1

Fecha: Mayo-2010

NÚMERO	OPERARIOS	CÉLULA 142	CÉLULA 145	CÉLULA 147	CÉLULA 150	CÉLULA 140	CÉLULA 143
808	ALVARO DEL VALLE						
1648	DAVID MARTINEZ (JE)						
5620	QUINTIN GARCIA						
969	JESUS ORGAZ						
1513	ENRIQUE RODRIGUEZ						
1668	CLEMENTE CASERO						
1589	MANUELA CHICA						
1618	Mª DOLORES GUILLÉN (JE)						
811	FELIX PULIDO						
1247	ANTONIO HARO						
1672	J M FERNANDEZ (JE)						
1057	EUGENIO GARCIA						
1753	JUAN CARLOS SUAREZ						
1667	YOLANDA AGUILAR						

Figura 5.5. Matriz de flexibilidad de operarios del equipo de Engranajes del Motor 1

5.2.2. Equipo Rectificadoras 2.

A su vez, la línea 6 de rectificadoras pertenece al equipo de Rectificadoras 2 (Rect2). Como tal, este equipo se compone de las líneas 5 y 6, líneas 7 y 8 y las células de rectificadoras Y20-18 e Y 20-10. Su matriz de flexibilidad queda así:

Matriz de Flexibilidad

REC 2

Fecha: Mayo-2010

NÚMERO	OPERARIOS	CELULA Y-20-10	CELULA Y-20-18	LINEA 7 Y 8	LINEA 5 Y 6	CELULA Y-20-22
1630	M ^a JESUS ANTON					
1565	JUAN FRCO. RODRIGUEZ					
1641	MANUEL GARCÍA					
1619	OSCAR PEREZ ROMERO					
1012	ANTONIO DEL CERRO					
1162	MANUEL MERINO					
1242	ANTONIO ZAFRA					
1627	FERNANDO MERINO					
1711	JUAN JOSE FERNÁNDEZ					
1808	JOSE ABRAHAM FARFAN					

Figura 5.6. Matriz de flexibilidad de operarios del equipo de Rectificadoras 2

5.2.3. Bases del Trabajo en Equipo.

Las bases del trabajo en equipo se extrajeron del acuerdo entre la dirección de JDISA y el Comité de Empresa. De este acuerdo se elaboró un contrato marco que define la nueva forma de organización del trabajo, las competencias y funciones que han de realizar cada uno de los miembros del equipo, forma de remuneración y reglas a seguir. Estas se explican a continuación.

5.2.3.1. Funciones y competencias de trabajo de los miembros del equipo.

- Organización del trabajo: Distribución de tareas, cambios de turno, pausas, administración del tiempo libre, etc. Las prioridades del trabajo las fija la dirección, ya que en este ámbito no es posible la auto-organización de los trabajadores al no ser ellos responsables de las entregas.
- Proponer mejora de método, de diseño y costos, distribución en planta y áreas de trabajo...
- Proponer inversiones.
- Proponer formación.
- Convocar reuniones de equipo.
- Decidir si ajustan o no la eficiencia base (concepto que se explicará más adelante).
- Proponer nuevos parámetros de valoración del bono (concepto que se explicará más adelante).

- Proponer cambios en la estructura del grupo.
- Proponer iniciativas que faciliten el desarrollo humano y profesional de los trabajadores del grupo.

5.2.3.2. Reglas y normas de funcionamiento interno del equipo.

- El funcionamiento del Equipo se regirá por normas democráticas.
- Todos los miembros del equipo son iguales jerárquicamente, no hay mandos dentro.
- Todos tienen derecho a opinar y ser tenidos en cuenta
- Las propuestas y decisiones internas del Equipo se tomarán por mayoría de sus miembros quedando todos obligados a respetarlas como objetivo común.
- Las votaciones serán secretas si alguno de los miembros del Equipo lo solicita. El voto de cada uno será personal e intransferible.
- Cada equipo regulará las normas de funcionamiento interno del Equipo en cuanto a forma y plazos de la convocatoria de reuniones y toma de decisiones.
- Las reuniones han de realizarse bajo respeto y confianza mutua, procurando la participación y un espíritu constructivo.
- El Equipo deberá elegir democráticamente entre sus miembros un portavoz, siendo el Equipo a su vez el único con facultades para su destitución. Nadie puede ser obligado a ser portavoz, pudiendo éste, en cualquier momento dimitir o renunciar al cargo. Su labor es representar al Equipo ante los superiores jerárquicos y otros equipos, organizar el grupo y moderar las reuniones.

5.2.4. Niveles de trabajo en equipo.

Una vez que los equipos fueron formados y comenzaron a funcionar cada uno de los operarios que los componen estarán clasificados dentro de 3 niveles de trabajo en equipo. A mayor nivel, más funciones a desempeñar, mayor flexibilidad y autonomía y, por tanto, mayor remuneración. A continuación, se reflejan las competencias a desarrollar en función de los niveles:

Nivel 1.- Manejar y hacer funcionar todos los equipos de su puesto de trabajo.

- Capacitación de nuevos trabajadores.
- Ejecución de actividades sencillas de mantenimiento (niveles de aceite...), limpieza y orden, limpieza de máquinas, medios de trabajo y puestos de trabajo.
- Cumplimiento del proceso y de sus controles de calidad.
- Participación en las reuniones de equipo y de mejora continua.
- Lectura e interpretación de documentos de producción (interpretación simple de los gráficos de geometría de diente del engranaje, hojas de datos mecánicos, tarjetas Kanban, etc.).
- Conocimiento/Cumplimiento de las normas de prevención de riesgos laborales.
- Utilización de recipientes de transporte y bandejas correctos (para evitar deterioros).
- Manejo de carretillas manuales.
- Identificar las piezas que se hacen en el equipo, reportando INPUT y OUTPUT, así como su ubicación en el área de influencia del equipo.
- Cambiar herramientas de corte y/o ajustarlas (excepto disco afeitador).

- Ayuda a realizar las preparaciones de las máquinas de su puesto de trabajo
- En célula automática: puesta en marcha, rearme de parada de emergencia y resolución de colisión de robots.

Nivel 2.- Además del nivel 1. Manejar y hacer funcionar todos los equipos de dos células pertenecientes al equipo.

- Conducción de todo tipo de carretillas.
- Ayudar en el equipamiento y en pequeñas reparaciones (mantenimiento de primer nivel).
- Informar a los distintos departamentos staff de las necesidades para mantener el proceso en funcionamiento. Ejemplo: Verificación, Compras, Mantenimiento, etc.
- Responsabilidad sobre el cumplimiento de fechas de calibración de equipos de medida.
- Responsabilidad sobre la disponibilidad y el buen estado de las herramientas, así como comprobación según normas ISO de las herramientas de par.
- Reprocesos y mecanizado de piezas experimentales con asesoramiento técnico.
- Interpretación de gráficos de geometría del diente del engranaje y realiza las correcciones de medida necesarias

Nivel 3.- Además del nivel 2. Realiza modificaciones y preparaciones.

- Realizar pequeñas reparaciones (eléctricas o mecánicas) en máquinas, dispositivos y útiles; ayudar en reparaciones de mayor magnitud.
- Planificación de turnos y vacaciones
- Leer e interpretar correctamente los procesos del equipo
- Prepara las máquinas en su célula de trabajo (con la colaboración del preparador si fuese necesaria)
- Inventario y pedido interno de herramientas del equipo
- Análisis RCA (causa raíz) junto con el equipo técnico
- Gestiona internamente las necesidades de herramientas de corte, plaquitas, brocas, etc; así como otros materiales: tarjetas Kanban, etc.
- Realiza reprocesos.

5.2.5. Remuneración del equipo de trabajo.

5.2.5.1. Sistema de Renumeración del Trabajo en Equipo.

Uno de los aspectos que cambia con esta organización es el sistema de pago. Las nuevas circunstancias de producción obligaban a buscar un cambio, ya que no se pueden afrontar proyectos de mayor envergadura con el sistema incentivo que estaba instaurado en la fábrica. Ninguna empresa a la larga puede competir y sobrevivir sin que mejore gradualmente su productividad y la calidad de sus productos.

A partir de ahora los trabajadores del equipo deberán participar en las mejoras económicas que se obtengan tanto por aumento de productividad como por reducción de costes que sean imputables en conjunto al equipo de trabajo. Es decir, es el equipo de trabajo

en conjunto quien consigue el incentivo económico si es capaz de conseguir buenos datos productivos que luego será repartido entre los trabajadores. La participación en estas mejoras podrá ser económica en el tiempo libre u otras de carácter similar tal y como se determine en el Sistema de Pagos del Trabajo en Equipo.

La remuneración del trabajo consta de dos partes:

- Una parte fija, equivalente al 139,7% del valor ocupacional de la Categoría Interna John Deere que les corresponda. Cada categoría interna es relativa a una serie de capacidades y aptitudes adquiridas por el operario que hacen que tenga mayor o menor categoría y, por tanto, mayor o menor remuneración.
- Una parte variable, o Bono, que depende de las Mejoras Continuas conseguidas en el proceso (incremento de la Eficiencia).

5.2.5.2. Cálculo del Bono.

La Eficiencia conseguida por el equipo, que supere el valor de la Eficiencia Base (que se considera 100%) generará el Bono. Por tanto esta es la parte variable de la remuneración de los trabajadores, que antes señalábamos. El estado del Bono se indica en horas y se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Bono Euros} = \text{Horas Bono} * \text{Valor Hora}$$

$$\text{Horas del bono} = \text{Horas input} * \text{Incremento Eficiencia Base}$$

$$\text{Valor Hora} = \text{V.O.M.} * \% \text{ Base Salarial } (=139,7\%) * \text{Factor } (=1,2)$$

Para hallar el valor del Bono es necesario conocer la Eficiencia y Eficiencia Base:

1.- Eficiencia:

Consiste en el Rendimiento del Equipo, y es la relación entre el Output y el Input. Es preciso que el output y el input sean dos magnitudes que se puedan medir y los trabajadores puedan influir en las mismas

$$\boxed{\text{Eficiencia: Output} / \text{Input}}$$

a) Output:

Es la suma de creación de valor en el producto por parte de los trabajadores en periodo de tiempo previamente establecido. (Horas productivas de las piezas buenas). Las piezas sólo se tienen en cuenta en la determinación del Output después de la elaboración completa, cuando han finalizado todas las actividades del equipo de trabajo. En el Output se incluyen las operaciones que hace el Equipo y que no son propias suyas. Se excluyen del Output tanto los trabajos realizados en

el exterior como las piezas rechazadas tanto por JDISA como por los clientes (Scraps) siempre que sean atribuibles al equipo.

b) Input:

Es la suma del valor de los trabajos realizados por los trabajadores para fabricar el producto dentro de un periodo de tiempo establecido. En el se incluyen las horas presenciales que se imputan al Grupo a través de los datos de registro de horas de presencia. Así como las horas empleadas por miembros de otros equipos en ayudar al Equipo y los descansos pagados en la producción en tres turnos según lo establecido en el convenio colectivo. No se incluyen: horas de formación; horas sindicales; horas de asamblea; salida de miembros del equipo de más de dos semanas; periodos de interrupción de la producción superiores a 1 día de cálculo que no permiten ningún Output, causado por falta de material, avería, o falta de herramientas, siempre que sea por causa ajena al equipo.

$$\boxed{\text{Horas Input} = \text{Hrs de presencia} - \text{horas de incidencia}}$$

2.- Eficiencia Base.

Ante la puesta en marcha de cada Equipo habrá que definir la Eficiencia Base para dicho equipo. En una producción existente, el periodo para la determinación de la Eficiencia Base es de seis meses de liquidación, por tanto, se puede considerar como un promedio de eficiencia que se tomará como referencia. Si existen dudas ante la posibilidad del cumplimiento se puede acordar otro período entre la Dirección de la Empresa y la Representación de los Trabajadores, inferior o superior, o bien recurrir a datos históricos.

Si la producción es nueva los datos para la determinación de la Base se obtendrán con:

- La documentación de la producción según el plan estándar de rendimiento en Horas Estándar / 100 piezas.
- Datos estándar.
- Estimaciones.

$$\boxed{\text{Aumento Eficiencia Base} = \text{Eficiencia} - \text{Eficiencia Base}}$$

5.2.4.3. Reparto General del Bono.

El cálculo del Bono se hace cada tres meses. Una vez terminado el trimestre, será al mes siguiente cuando éste será abonado al Equipo de Trabajo, como única prima. Si se ha superado la Eficiencia Base que corresponde al valor 100%, y se consigue el valor 106% o superior, existen dos opciones a las que optar trimestralmente:

- Ajuste de la Eficiencia Base: El equipo recibiría en dicho supuesto la totalidad del Bono y la Eficiencia Base a conseguir para el siguiente trimestre se incrementaría en un 3%.

- No ajustar la Eficiencia Base: El equipo recibiría el 50% del Bono. La Base para el siguiente trimestre se mantendría igual.

5.2.5.4. Retribución garantizada

Hasta el momento nos habíamos puesto en el caso de que todo funcionase positivamente y se consiguiera alcanzar e incluso superar la Eficiencia Base. Si esto no fuese así y la eficacia del período es menor o igual que el 80%, los miembros de los equipos, recibirán el 99% de la retribución mensual garantizada (Base salarial).

5.3. Análisis del proceso productivo. Mapa de la Cadena de Valor (VSM)

Una vez definidos los objetivos a cumplir por el equipo de trabajo y cómo se medirán, el siguiente paso es comprender y analizar cómo es y en qué consiste el proceso productivo de las referencias de engranajes que se están tratando en este proyecto. Es muy importante que este proceso esté en continua revisión y análisis para poder encontrar oportunidades de mejora que nos permita alcanzar más fácilmente los objetivos que nos plantea DPS. Para ello utilizaremos el Mapa de la Cadena de Valor (Value Stream Map – VSM).

El Mapa de la Cadena de Valor o VSM es una herramienta muy útil que DPS propone y que se utiliza para analizar el flujo de fabricación de un producto desde que el cliente lo pide hasta que este sirve, pasando por todas las operaciones de transporte, almacenaje, información y transformación. Como resultado se obtiene un diagrama muy gráfico y esquemático que permite analizar en conjunto todo el proceso de manufactura de un producto y así buscar oportunidades de mejora.

En el VSM aparecerá información expresa acerca de:

- Cadena logística establecida
- Inventarios
- Tiempos de transporte y espera
- MCT - Tiempo crítico de máquina o tiempo total necesario para la finalización de un producto
- VA - Tiempo de valor añadido (por ejemplo, de mecanizado)
- Flujo de información proveedor-cliente
- Flujo de materiales

Esta herramienta es genuina de cualquier sistema de producción que esté bajo la filosofía Lean Manufacturing ya que mediante un adecuado VSM se podrán identificar despilfarros e ineficiencias de la cadena de valor. Además utilizará otros conceptos Lean como la Mejora Continua, sistemas Kanban, 5 S, SMED, Fábrica Visual, etc, que serán de gran ayuda a la hora de buscar la mejorar el VSM. Principalmente se buscan oportunidades de disminución del MCT, disminución de inventarios, ahorro de transportes y mejora en las comunicaciones e intercambio de información.

Un menor MCT otorga una mayor rapidez en la respuesta ante requerimientos del cliente, una menor cantidad de material en proceso, y por tanto una reducción de coste por inventarios y transporte, y una simplificación de todo el proceso que se traduce en una mejor visión de problemas, mayor control de incidencias y un mejor control de la calidad.

Los diagramas de VSM tienen una estructura definida y un conjunto de símbolos estandarizados que hace que la lectura e interpretación sean similares entre diferentes productos. Como se puede observar el mapa tiene un lugar para los proveedores y otro para los clientes, también tiene una secuencia actividades (productivas y no productivas) donde se refleja la serie de transformaciones que tiene el producto inicial y su línea de tiempo donde mide el acumulado, tiempos de actividades productivas y de no productivas. También figuran iconos como camiones o triángulo amarillo, que indican transportes a proveedores o stocks intermedios, respectivamente, o flechas que significan flujo de información.

5.3.1. VSM del Estado actual

En el VSM del estado actual de las referencias objeto de este proyecto, R523409 y R504614 (RE508489), se puede observar claramente el proceso que sigue cada una de ellas y el tiempo que tarda en terminarse un lote desde que se recibe la materia prima o forja. A continuación una breve explicación del proceso de cada una de ellas:

- **R504614**: esta referencia tiene hasta 3 opciones distintas de producción en función de las actividades que se subcontratarán:
 - o Mecanizado entero en el proveedor: se mecaniza en verde, se devuelve a los hornos, después se devuelve al proveedor que rectificará el interior, lo encasquillará, rectificará el casquillo, rodará las piezas y las devolverá a JDISA ya embaladas.
 - o Rectificado entero en proveedor: en este caso la pieza se mecaniza en verde y se trata térmicamente en JDISA y en el proveedor se rectifica, se encasquilla y se rectifica el casquillo.
 - o Rectificado de casquillo: en este caso el proveedor solo rectificará el casquillo.

En esta referencia se depende por completo del proveedor ya que por cuestiones técnicas y de capacidad no se puede mecanizar por completo en JDISA.

- **R523409**: en este caso el proceso es único. La pieza se mecaniza en verde y se trata térmicamente en JDISA, después se traslada al proveedor que la rectificará, las rodará, las embalará y las devolverá. El rectificado en el exterior es necesario puesto que técnicamente no hay máquinas preparadas para esta pieza.

A continuación se muestra el cuadro resumen del VSM de ambas referencias con las diversas posibilidades de proceso. El Mapa completo se encuentra en la siguiente página:

Referencia y proceso	Hrs. Std.	Lote	VA time (días)	MCT (días)
R504614 - Mecanizado entero	4,66	264	2,7	5,2
R504614 - Rectificado entero	4,66	264	2,2	4,2
R504614 - Rectificado casquillo	4,66	264	2,7	4,7
R523409	8,1	168	2,3	4,3

Figura 5.7. Cuadro resumen donde figura el estado actual MCT y VA de cada referencia

En la columna Hrs. Std figura el tiempo en horas que se tarda en hacer 100 piezas. El tamaño de lote queda definido por la capacidad de cada bandeja que transportará las piezas como un único paquete a través de los distintos procesos productivos. VA time es el tiempo en días que se necesita para mecanizar, templar y rectificar por completo un lote de piezas. El MCT es el tiempo desde que la materia prima llega hasta JDISA hasta que las piezas salen procesadas y embaladas.

Se puede observar los distintos VA time y MCT en función de las necesidades de producción. Por ejemplo, el rectificado entero es el proceso de mayor MCT y además es el proceso más caro puesto que se subcontrata mecanizado en verde y rectificadores, pero permite seguir produciendo cuando la capacidad en JDISA está saturada. Estas decisiones se van adoptando en función de las necesidades de producción.

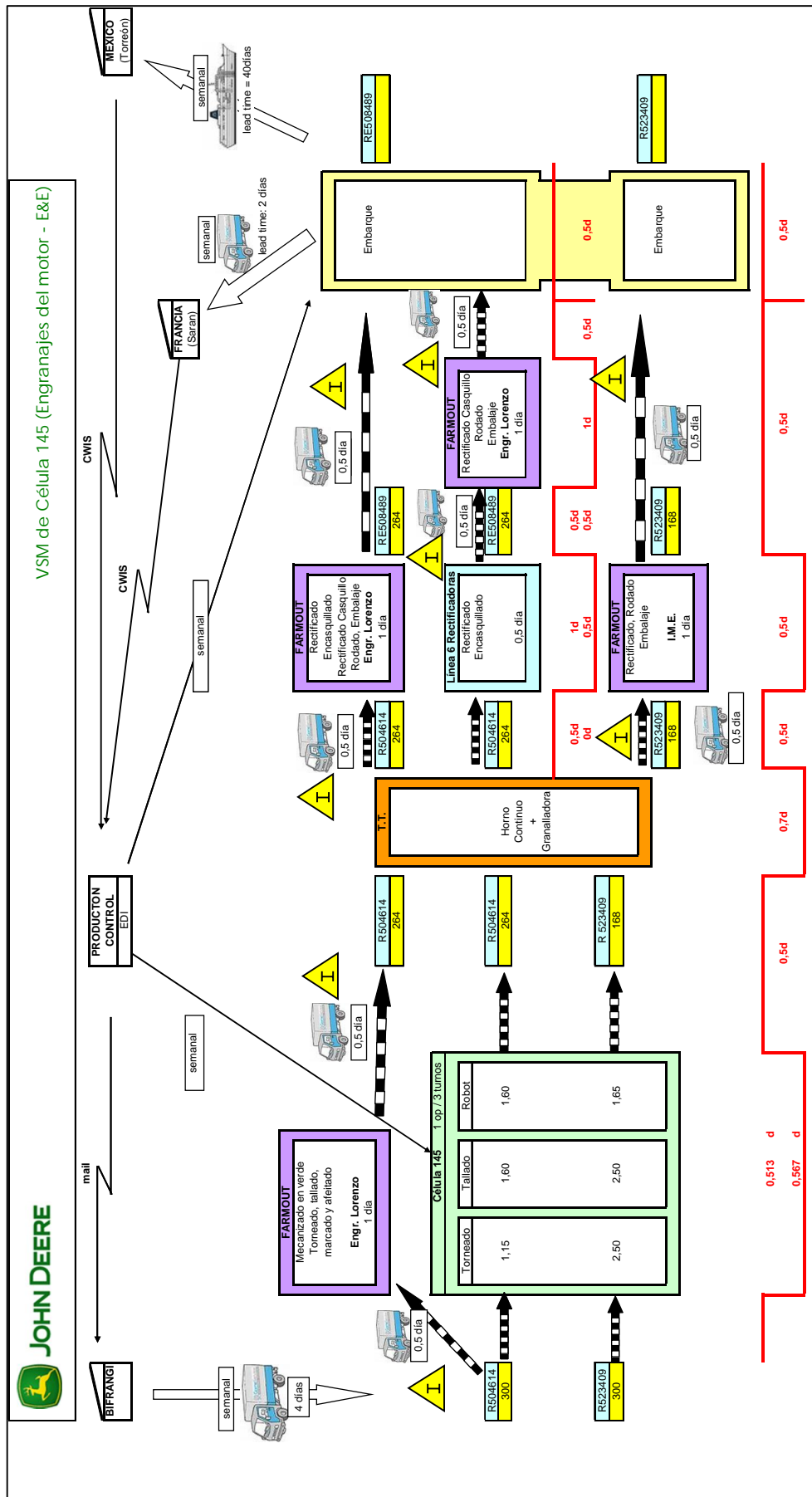


Figura 5.8. Diagrama del VSM de estado actual de cada referencia

Observando tanto la tabla de valores como el diagrama es fácil deducir que casi el 50% del MCT es tiempo destinado a almacenar y transportar las piezas. A esto contribuye claramente la dependencia que existe del proveedor para sacar el trabajo adelante, y por tanto, la necesidad de sacar las piezas de la fábrica y luego traerlas de vuelta.

Es en este momento donde el análisis del VSM proporciona una herramienta muy útil y muy sencilla en la toma de decisiones de mayor envergadura. En este caso está clara la línea que JDISA tiene que estudiar y analizar en profundidad:

- Por un lado, la dependencia absoluta que existe de un proveedor en una línea de fabricación de alto volumen. La política en este caso es que el proveedor tiene que existir como medida de contingencia ante posibles eventualidades que pudieran surgir como picos de producción o descenso puntual de la capacidad (averías, absentismo, etc.). JDISA tiene que ser capaz de producir por sí sola el volumen previsto. Si bien esta debe ser la política por cuestiones de producción, entregas y calidad, un minucioso estudio económico financiero debe corroborarlo, debido a que este cambio supone una inversión importante.
- Por otro lado, la reducción del MCT supone una mayor flexibilidad a la hora de realizar las entregas al cliente y un descenso de los inventarios en proceso, lo cual impacta en la cuenta de resultados. Otro efecto derivado de la disminución de tiempos improductivos como el transporte, se traduce en mayor control de la calidad (mejor seguimiento de piezas, menor manipulación, disminución de golpes y mayor capacidad de respuesta ante diferentes problemas que pudieran surgir).

5.3.2. Medidas a adoptar.

Un simple vistazo del VSM es suficiente para ver que un problema importante a superar es la necesidad de eliminar todo el Farm-Out o actividades subcontratadas. Con esta medida una gran parte del tiempo improductivo dedicado al transporte se eliminaría. Además, se controlarían mejor los procesos y con un volumen suficiente de producción, los costes de fabricación a buen seguro que disminuirían, aspecto éste que quedaría sujeto al estudio económico. A continuación se analizará la razón por la cual es necesario contar con las diferentes operaciones de Farm-Out:

- Mecanizado en verde: ésta es una medida de contención ante posibles problemas de producción que limiten la capacidad. No ha sido una medida que haya tenido mucha aplicación, y desaparecerá puesto que para la R504614 ya han sido puestas a punto dos células más que son capaces de producirla. Un problema que puede suceder es la necesidad de que la célula 145 tenga que mecanizar simultáneamente la R523409, que se hace aquí en exclusiva. Este es un caso concreto en que hay que aplicar una medida de contención para la R504614.

- Rectificado de pieza y de casquillo (R504614): el rectificado de la pieza sin encasquillar se puede hacer en JDISA y si se hace fuera es como medida de contención, pero el rectificado del casquillo es obligatorio por razones tecnológicas que se haga en el proveedor. La razón es que ninguna rectificadora de muela abrasiva es capaz de sacar la rugosidad requerida en el casquillo de aluminio. Por tanto, es necesario cambiar de máquina y utilizar un torno.

- Rectificado de pieza (R523409): así como no hay posibilidad de mecanizar la pieza en ningún otro sitio que no sea la célula 145, por la complejidad del torneado, es obligatorio rectificarla fuera. En JDISA no hay una rectificadora con capacidad tecnológica para acabar esta pieza en buenas condiciones de calidad y productividad.

Por tanto, las medidas susceptibles de ser estudiadas para su implementación serán:

- 1.- Implantación de un torno para el rectificado del casquillo en la R504614.
- 2.- Implantación de una rectificadora para la referencia R523409
- 3.- Puesta a punto de otra célula para la R504614. (implem entado)

La viabilidad económica y técnica, serían objeto de otro proyecto. El análisis del VSM no es más que otra herramienta más de ayuda a la toma de la decisión de acometer una inversión en maquinaria.

5.3.3. VSM del Estado futuro.

A continuación figura la tabla de cómo quedaría el MCT y VA time si se llevaran a cabo las medidas propuestas:

Referencia	Hrs. Std.	Lote	VA time	MCT
R504614	4,66	264	1,7	2,7
R523409	8,1	168	1,8	2,8

La mejora es evidente, se ha conseguido disminuir en la R504614 de 4.2 días a 2.7, en el mejor de los casos, y en la R523409, de 4.3 a 2.8 días. Este ahorro de tiempo, como se ha comentado antes, procede de la eliminación de los tiempos de transporte y espera en el proveedor. Ahora los únicos tiempos improductivos que existen son las esperas antes de los tratamientos térmicos y antes del embalaje. No obstante, estas esperas son una estimación bajo condiciones normales de fabricación, pero ante condiciones de urgencia, estas esperas serán casi nulas, de manera que se podrían conseguir MCT muy próximos al VA time.

En esta tabla se puede observar la disminución de tiempos:

Referencia	MCT Actual	MCT futuro	Mejora MCT	VA actual	Va futuro	Merjora VA
R504614	4,2	2,7	-36%	2,2	1,7	-23%
R523409	4,3	2,8	-35%	2,3	1,8	-22%

Calculando el número de piezas en proceso como $Lote \cdot (MCT / \text{Tiempo máquina})$ se produce el siguiente ahorro en inventarios por material en proceso:

Referencia	Nº piezas en proceso estado actual	Nº piezas en proceso estado futuro	Disminución de inventario en proceso	Ahorro €
R504614	2217	1425	-36%	21.731
R523409	1445	941	-35%	19.986

A continuación el VSM del posible estado futuro:

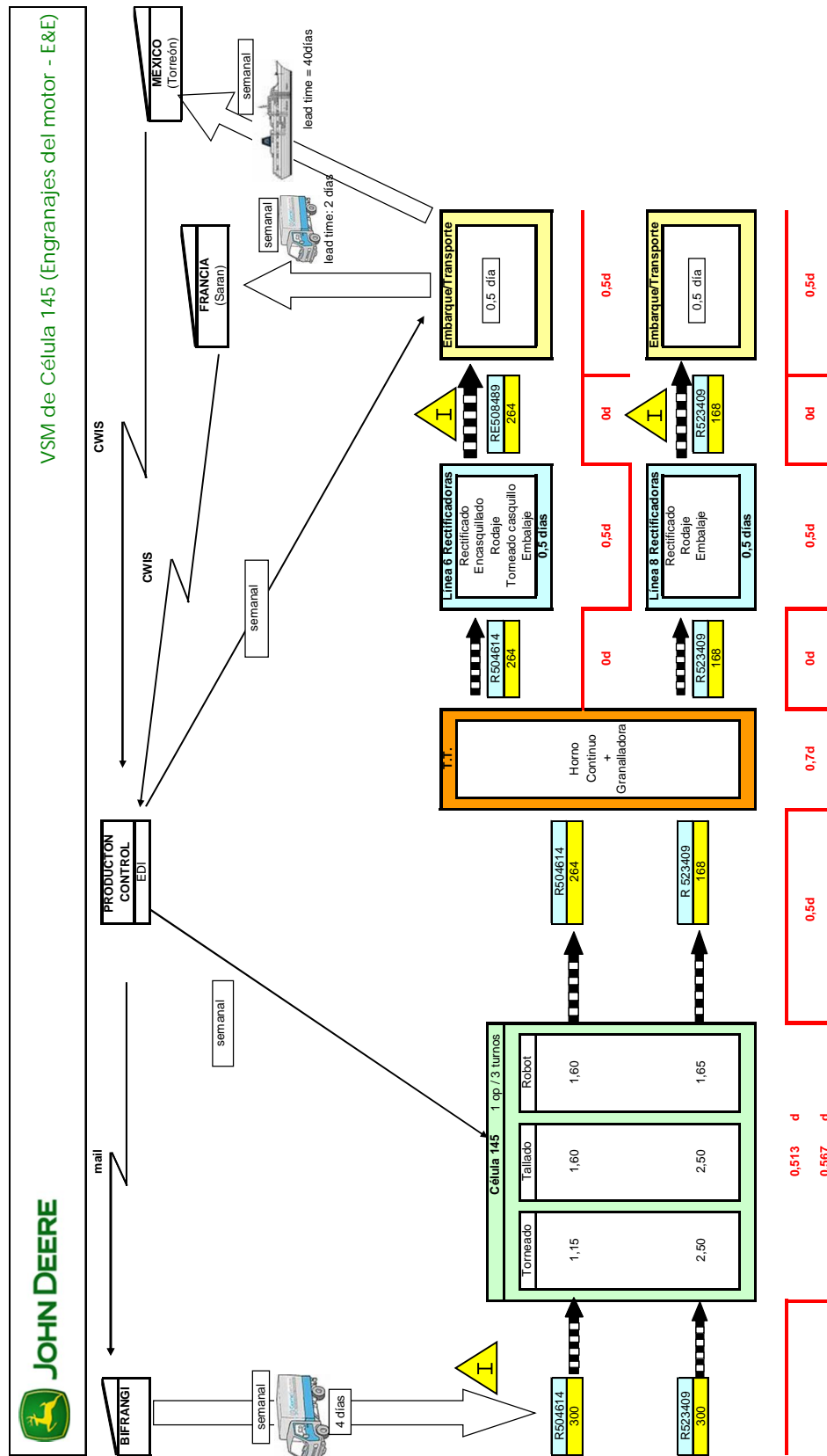


Figura 5.9. Diagrama del VSM de estado futuro de cada referencia

Hay que tener en cuenta que en el análisis del MCT es también muy importante tratar de disminuir todos los procesos que intervienen en el VA time. Aunque se da por hecho que los procesos están muy estudiados y optimizados, mediante proyectos de mejora continua, SMED o Six-Sigma, hay que buscar oportunidades de aumentar la productividad de las células. Sin ir más lejos, en el Capítulo de mejora continua, figura un proyecto de mejora de la eficiencia que permite fabricar 5 piezas más al turno de la R523409 y otro en el apartado de entregas que disminuye el tiempo de preparación en el cambio de referencia.

5.4. Mejora Continua (MC)

En el capítulo anterior se pudo comprender en qué consiste el proceso productivo que nos ocupa y mediante la herramienta del VSM se encontraron oportunidades de mejora a un nivel más organizativo o macroscópico. Llevar a cabo estas mejoras encontradas supone en la mayoría de los casos una inversión económica que puede llegar a ser muy alta con unos plazos de ejecución amplios. Evidentemente conlleva su correspondiente análisis económico con su periodo de retorno y unos beneficios de diversa índole muy importantes.

En este capítulo se busca descender a un nivel más bajo o más cercano a lo que ocurre diariamente en la célula de mecanizado o línea de rectificado. Es decir, se trata de buscar muchas mejoras que no requieran una alta inversión, que se puedan llevar a cabo en un periodo de tiempo muy corto (días o incluso horas), que estén orientadas a problemas muy concretos y que sean capaces de mejorar los indicadores del equipo de trabajo. Todo esto se llevará a cabo bajo el marco de la filosofía del Kaizen o Mejora Continua, cómo se explica en el capítulo 3.2.2.4., y en él habrá una colaboración estrecha entre diferentes departamentos (mantenimiento, utillaje, ingeniería de planta, compras, producción, etc) y la parte más importante que no es otra el que el propio operario de producción. Según está organizada la Mejora Continua en JDISA, la primera opinión en ser escuchada es la del operario que se pasa 8 horas al día en su célula o línea y que conoce, comprende y es capaz de detectar numerosos problemas de su proceso productivo. Él será el primero en enunciar problemas y proponer mejoras que podrán ser llevadas a cabo con la colaboración de todos los departamentos y apoyadas por sus propios gerentes. Al final, el objetivo no es otro que mejorar poco a poco todos los procesos para conseguir y mejorar los indicadores de los objetivos que DPS establece.

5.4.1. Proceso de Mejora Continua.

La forma de llevar a cabo la MC se hará mediante proyectos orientados a problemas concretos. En este apartado se explicará el procedimiento de elaboración y ejecución de dichos proyectos.

El proceso de la MC deberá estar debidamente registrado, por lo que se utilizará el programa informático creado por JD denominado CI Maps. Este nos servirá de gran ayuda para organizar reuniones y convocar a los asistentes, dejar constancia de éstas y levantar actas, comunicación entre departamentos o registrar dudas, comentarios, ideas, etc, que nos puedan servir para otros proyectos. CI Maps irá guiando a todos los equipos de la fábrica acerca de los pasos a dar y a seguir el siguiente proceso:

- **Reunión inicial de definición de proyectos:** cada tres meses se reúnen operarios, supervisores, ingenieros de calidad y de producción propios del departamento, así como representantes de mantenimiento, ingeniería de planta y compras. También asistirán los CI Reps (u operarios representantes del resto de los trabajadores en materia de MC). Aquí se analizan los medibles de cada apartado o “pata” de MC que hay mejorar y los problemas que hay que solventar para que no afecte negativamente. Aquí se discuten todas las posibilidades y finalmente se define un proyecto por pata y trimestre en función de la viabilidad técnica, económica, temporal, etc.

- **GAP Análisis:** es un método que nos permite analizar el problema que se presenta en cada una de las patas. El Gap Análisis lo llevarán a cabo las personas que estén directamente relacionadas con el problema. Mediante la técnica de los 5 “Por qué”, que básicamente consiste en preguntar hasta 5 veces por el motivo del problema, se van obteniendo causas que afectan al problema que queremos solucionar. Así se podrá alcanzar una o varias causas raíz que son las que hay que solucionar. Habrá casos en que con 3 por qué, será suficiente y otros en los que habrá que utilizar alguno más incluso. Con cada pregunta se podrán obtener varias respuestas, y éstas, a su vez, deberán volver a ser cuestionadas hasta el punto en que supongan o no causas directas del problema. Una vez dilucidadas estas causas habrá que establecer soluciones técnicas adecuadas y viables en los siguientes tres meses. Después se asignará un responsable de ejecución (mantenimiento, utillaje, ingeniería de planta, etc.) y un responsable de seguimiento. De esta manera, quedará definido e iniciado el Proyecto de Mejora Continua.

- **Reunión quincenal de seguimiento:** cada 15 días el CI Rep o el supervisor, informarán al resto de operarios y personas involucradas en el proyecto en que estado de estudio o ejecución se encuentra. Después esta reunión se registrará en el programa CI Maps.

- **Reunión mensual de departamento:** en ella los representantes de cada uno de los equipos de la minifábrica reportan al gerente el estado de ejecución de cada proyecto.

- **Cierre de proyectos:** una vez se haya concluido el proyecto hay que cerrarlo en CI Maps. También habrá que establecer una serie de conclusiones finales acerca de la utilidad del proyecto entre las que se encuentra el estudio del impacto que supone en el medible que se ha pretendido mejorar.

- **Cierre del trimestre e intercambio de proyectos:** por último, se reunirán en varias sesiones todos los operarios y demás personal de la fábrica donde se pondrán en común diversos proyectos completados para que sirva de ayuda a problemas de otros equipos. Estos actos también supondrán un reconocimiento público de la dirección de la empresa a los trabajadores por el esfuerzo realizado.

5.4.2. Indicadores en Engranajes del Motor.

En cada pata de la mejora continua para el equipo de Engranajes del Motor se utilizarán los siguientes indicadores, en línea con lo enunciado en el punto 5.1. de este proyecto:

- **Calidad:** aquí se utilizará el FPY (First Part Yield o piezas buenas a la primera). Es decir, todas aquellas piezas que no necesitan ser reprocesadas en ningún momento o tiradas a la chatarra como “scrap”. El objetivo es estar siempre por encima del 95%. Es conveniente comentar que inherente al FPY, también se puede utilizar como indicador el porcentaje de piezas que van al scrap ya que todo lo que se reduzca, irá directamente en beneficio del FPY. También se utilizan las PPMs de cliente o piezas defectuosas reclamadas por el cliente por cada millón enviadas. Nuestro objetivo es llegar a fin de año por debajo de 300 ppms.

- **Entregas:** el medible que utilizamos es el OEE o porcentaje del tiempo que está la célula o línea operativa o disponible. Se entiende que si una línea de fabricación tiene

suficiente capacidad y la planificación está bien calculada, una baja disponibilidad nos impediría entregar a tiempo. Los problemas que hay que atacar aquí son avería de máquinas, absentismo y falta de material o herramientas. La disponibilidad de célula tiene que estar por encima del 60%. También intentaremos reducir el indicador de pérdidas, ya que el hecho de atacar algún motivo de pérdida en concreto nos incrementará el OEE.

- **Eficiencia:** aquí se mide la productividad y el aumento de eficiencia del equipo. El objetivo es estar por encima del 80% y el 10%, respectivamente. Cómo se comentaba en el apartado 5.2., la productividad refleja la relación entre la producción obtenida y la cantidad de recursos humanos directos empleados y el aumento de la eficiencia, la proporción entre la producción obtenida entre las horas productivas empleadas sin incidencias.

- **Seguridad:** en este apartado hay que superar el 80% de una auditoria de seguridad que se realiza periódicamente. En ella hay preguntas acerca del uso de los EPIs, normas de seguridad, utilización de máquinas, ergonomía, etc.

A continuación se mostrarán ejemplos de proyectos de MC llevados a cabo en un trimestre dentro de la célula de mecanizado 145. Hay que tener en consideración que en los casi 6 trimestres que ha durado este proyecto, se han llevado a cabo 4 proyectos por trimestre, tanto en el equipo de Engranajes del Motor 1, al que pertenece la célula 145, como en el de Rectificadoras 2. No se mostrarán en este proyecto porque el espacio ocupado sería demasiado grande, el proceso de análisis e implementación sería análogo. Ni que decir tiene, que el conjunto de las pequeñas mejoras obtenidas, tiene un impacto decisivo en los resultados de los indicadores.

5.4.3. Proyecto de MC en Entregas.

- **Problema:** Pérdida de tiempo por reprogramaciones del robot en afeitadora.
- **GAP Análisis:**
 - o 1º¿?: Hay que reprogramar el robot en cada preparación
 - o 2º¿?: El robot no mete bien la pieza en la afeitadora
 - o 3º¿?: No es válida la trayectoria del robot que tenía programada de la anterior preparación
 - o 4º¿?: El punto de cogida de la afeitadora ha cambiado.
- **Posibles soluciones:**
 - o Capacitar a preparadores/operarios en programación de robots
 - o Referenciar el recorrido de la mesa de afeitadora siempre en el mismo punto en ambas referencias.
- **Causa Raíz:**
 - o La referencia de la mesa de la afeitadora no era un punto a considerar en la preparación de manera que cada vez que se cambiaba de referencia el punto de cogida era aleatorio. La programación de robots no entra dentro de las tareas de un operario o preparador.

- **Indicador:** en este caso el indicador que queda mejorado es el OEE o disponibilidad de célula ya que esta no se queda parada a la espera de la intervención de un operario programador del departamento de mantenimiento.
- **Resultados obtenidos:** a la vista de meses anteriores se estima que, por término medio, en cada preparación se pierden 5 horas y al cabo de un mes, se ejecutan 2 preparaciones. Si el mes dispone de un total de 480 horas laborales, esto supone una mejora del OEE del 2,08%. Además la inversión realizada es nula.



ENTREGAS

E&E – ENGRANAJES DEL MOTOR



ANÁLISIS 1er TRIMESTRE, FY10

Descripción del Problema: Reprogramación de puntos del robot en la afeitadora entre preparaciones	
<p style="text-align: center;">GAP ANALYSIS</p> <p>El ajuste del punto de la afeitadora cuando se cambia de referencia conlleva una pérdida de tiempo</p>	
<p style="text-align: center;"><u>Acción de Contención</u></p> <p>Utilizar marcas visuales</p>	
<p style="text-align: center;"><u>MEJOR SOLUCION EQUIPO</u></p> <p>Colocar unos topes mecánicos que fijen la posición exacta del punto</p>	
<p style="text-align: center;"><u>Objetivos</u></p> <p>Evitar pérdidas de tiempo por ajustes y movimientos del punto de afeitadora.</p>	
<p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> <p>Mejora en el OEE o disponibilidad de célula de 2.08%</p>	

Figura 5.10. Diapositiva del proyecto de Entregas que figura en el panel del equipo

5.4.4. Proyecto de MC en Calidad.

- **Problema:** Scrap generado por piezas defectuosas de timing-mark o marca de tiempo de sincronismo.
- **GAP Análisis:**
 - o 1º¿?: Salen piezas malas porque el punteado de la marca de sincronismo sale desplazado.
 - o 2º¿?: Falla la lectura del sensor del dispositivo de enhebrado
 - o 3º¿?: Fallo en el cilindro de sujeción del sensor de enhebrado
 - o 4º¿?: Acumula viruta el carril del cilindro y no se posiciona correctamente, de manera que la lectura no la hace desde su posición correcta, y además la medida varía entre piezas consecutivas.

- 5º: No funcionan bien ni el sistema original de soplado de las guías del cilindro ni la seguridad que el software lleva programada en cuanto a tiempos y secuencia de lectura del sensor de enhebrado de la timing mark.
- **Posibles soluciones:**
 - Potenciar el sistema de soplado con más boquillas y aumentando el tiempo que actúan.
 - Sustituir el cilindro y el sensor de enhebrado periódicamente.
 - Reprogramar y reducir la sensibilidad de las seguridades del programa para que sea capaz de detectar automáticamente cualquier anomalía en la lectura.
- **Causa Raíz:**
 - Aunque la causa raíz es claramente la degradación del cilindro y sensor, es muy conveniente activar y potenciar la seguridad vía software.
- **Indicador:** en este caso el indicador de calidad que mejoramos es el FPY mediante una reducción del scrap, además de proteger las posibles PPMs que llegan al cliente por piezas mal enhebradas.
- **Resultados obtenidos:** por término medio y después de comprobar visualmente el 100% de las piezas, salían unas 10 piezas malas por turno. Si cada turno tiene que fabricar 140 piezas, el scrap generado por este motivo es del 7,15%. Una vez implementado el proyecto el scrap generado se reduce a 2 piezas en cada cambio de fresa, que se produce cada 1500 piezas, esto significa el 0,13%.

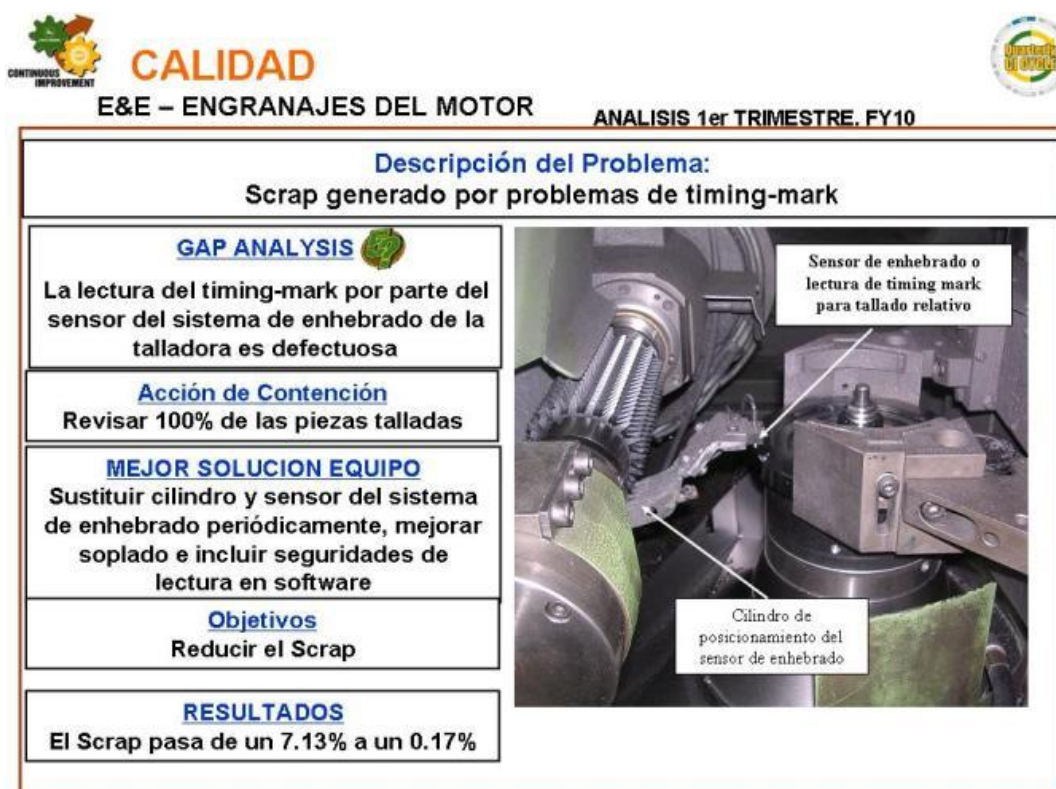


Figura 5.11. Diapositiva del proyecto de Calidad que figura en el panel del equipo

5.4.5. Proyecto de MC en Eficiencia.

- **Problema:** el tiempo máquina del torno en la referencia R523409 limita demasiado la producción.
- **GAP Análisis:**
 - o 1º: demasiadas operaciones de torneado, taladrado y roscado.
 - o 2º: el torno tarda demasiado tiempo.
 - o 3º: el trabajo de ambos cabezales no están equilibrados ya que uno trabaja más que el otro
- **Posibles soluciones:**
 - o Revisar el programa de torneado para intentar equilibrar el trabajo de ambos cabezales, ya que uno de ellos se queda esperando al otro.
- **Causa Raíz:**
 - o El auténtico cuello de botella del proceso se encuentra en el cabezal 2 del torno que es el que hace la mayor parte de las operaciones de afinado y acabado, además de taladros y roscados.
- **Indicador:** reduciendo el tiempo de máquina del torno, aumenta la productividad y, por tanto, la eficiencia de la célula.
- **Resultados obtenidos:** el tiempo de ciclo pasa de ser 2,60 minutos por pieza a 2,50. Esto significa un aumento de eficiencia del 3,85% , lo que significa un aumento de 5 piezas más al turno.



Figura 5.12. Diapositiva del proyecto de Eficiencia que figura en el panel del equipo

5.4.6. Proyecto de MC en Seguridad.

- **Problema:** Riesgo por resbalamiento en la zona automatizada.
- **GAP Análisis:**
 - o 1º¿?: Hay peligro de que el operario se resbale al entrar en la zona robotizada.
 - o 2º¿?: Hay aceite de corte en el suelo
 - o 3º¿?: El robot manipula piezas que salen de la afeitadora y éstas van chorreando en aceite.
- **Posibles soluciones:**
 - o Afeitado en seco. Es inviable por las condiciones de corte.
 - o Soplado de las piezas al salir de afeitar. Por tiempo de ciclo es una solución que resta eficiencia al proceso.
 - o Colocar un suelo de tramex antideslizante con bandeja de recogida de aceite.
- **Causa Raíz:**
 - o Las piezas que salen empapadas en aceite llenan el suelo de aceite
- **Indicador:** la auditoria de seguridad es el indicador que refleja esta mejora.
- **Resultados obtenidos:** la auditoria de seguridad mejora en un 10% fijo después de que se haya instalado el suelo de tramex. Además la limpieza y seguridad de la célula deja una mejor impresión y ambiente de trabajo



Figura 5.13. Diapositiva del proyecto de Seguridad que figura en el panel del equipo

5.5. Mejora de la Disponibilidad de Máquina: Automantenimiento

Hasta ahora se han comentado diferentes formas de búsqueda de oportunidades de mejora relativas al proceso productivo las cuales impactarán de forma positiva en los indicadores del equipo de trabajo, y por tanto, en los generales de DPS. En este capítulo, se expondrá otra herramienta con la cual se buscará ante todo el aumento de la productividad, ya no cómo búsqueda de mejoras sino como disciplina de trabajo diario. Lo que se va a tratar en este capítulo es la mejora de disponibilidad de máquina o, lo que es lo mismo, procurar que las máquinas que integran las células de mecanizado o las líneas de rectificado funcionen el mayor tiempo posible de manera que no haya interrupciones por averías o disfuncionalidades.

En el apartado anterior DPS relativo a la Disponibilidad de la Operación se comentaba la aplicación del TPM o Mantenimiento Productivo Total el cual se basaba en la estrecha colaboración entre los departamentos de Mantenimiento y Producción para conseguir la máxima reducción posible de paradas de máquina.

Por tanto, una parte muy importante dentro del TPM es que el propio operario que maneja diariamente sus máquinas se involucre en su mantenimiento. El hecho de que esté 40 horas semanales utilizándolas crea un vínculo de propiedad que hace que éste se responsabilice de ellas. Esto le permite un conocimiento tal que cualquier ruido o anomalía de funcionamiento le pondrá en preaviso de que algo va a fallar. Esto facilitará la predicción de averías. Así se consigue que el operario pase de ser un mero sujeto pasivo que solo se encargue de producir, a un elemento activo que se ocupe, entre otras funciones, de la conservación de sus equipos productivos.

Así nace el automantenimiento, en la utilización del conocimiento, experiencia y aprovechamiento más eficiente del operario que utiliza sus propias máquinas para mejorar en la medida de lo posible la disponibilidad de ellas. Para llevarlo a cabo el departamento de mantenimiento elaborará un listado de operaciones sencillas que deberá hacer el operario con la frecuencia se le fije. Este tipo de operaciones requieren de una formación básica que poco tiempo de duración pero que permitirá evitar una amplia variedad de causas de paradas de máquinas, y en consecuencia interrupciones de la cadena productiva de las células. Se trata pues de unas pautas de mantenimiento preventivo.

Estas pautas son operaciones sencillas de revisión de niveles, de engrase donde lo requiera y de limpieza. A continuación, la pauta de automantenimiento de la Célula 145

CÉLULA 145			Chequeo de John I													
MES: MARZO 2010			Preparado por: C. Pellitero													
			SEMANA 1							SEMANA 2						
	Nº	PAUTA	D	S	M	L	M	X	J	V	L	M	X	J		
ENGRASE	1	Comprobar nivel aceite hidráulico (E683, marcador / E1505, E1528)														
	2	Comprobar nivel de centralita de lubricación (E1505 y 1528)														
	3	Comprobar nivel aceite cabezal de afeitadora la mesa y bancada (E683)														
	4	Nivel aceite de refrigeración (E1505)														
	5	Comprobar nivel aceite de cabezal (E1505)			M											
	6	Comprobar nivel de aceite de vaso de aire, bajo pila de limpieza (E1528 / E1505)														
	7	Comprobar nivel aceite de cinta transportadora de viruta (E1505)			M											
	8	Comprobar nivel de refrigerante (E1505 husillo y E1528)														
	9	Engrase manual en puntos de engrase (E1505 y 1528)			M											
REVISAR	10	Revisar presiones de todos los circuitos														
	11	Revisar temperaturas de todos los circuitos														
	12	Comprobar sistemas de seguridad			M											
	13	Comprobar estado de micros, detectores y espejos			T											
LIMPIAR	14	Limpiar filtro de rejilla del refrigerador del husillo y mantas filtrantes de los cuadros eléctricos(E1528)			T											
	15	Limpieza de maquinas y célula			T											
	16	Area de trabajo			T											

OBSERVACIONES:

Figura 5.14. Pauta de Automantenimiento de la célula 145 que debe cumplimentar cada operario periódicamente

Para llevar a cabo estas funciones y como apoyo se facilita el lay-out de la célula con el número y situación de cada una de las máquinas, así como la zona concreta donde se ha de llevar a cabo cada una de las operaciones. A continuación, el relativo al check-list anterior:

También se incluye la pauta de Automantenimiento de la línea 6 y su Lay Out:

233 RECTIFICADORAS NOVA Y OVERBECK			Chequeo de 2 John Dee												
MES: MARZO 2010			Preparado por: C. Pellitero												
	Nº	PAUTA	D	S	M	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
ENGRASE	1	Comprobar nivel de aceite hidráulico (3)													
	2	Comprobar nivel de aceite de las centralitas de engrase (3)													
	3	Comprobar el nivel de los vasos de aire													
	4	Comprobar los depósitos nebulizadores de aceite			T										
	5	Realizar el engrase manual del plato de la overbeck y del rodamiento de la cinta del filtro de taladrina			M										
	6	Comprobar el nivel de refrigerante de la nova y overbeck													
REVISAR	7	Comprobar sistemas de seguridad													
	8	Comprobar presiones			M										
	9	Captadores, micros, fotocélulas, finales de carrera			T										
LIMPIAR	10	Limpiar rejillas de ventilación de cuadros eléctricos. Cambiar manta filtrante de los marposs													
	11	Limpieza general de máquinas y célula			T										
	12	Área de trabajo			T										

Figura 5.16. Pauta de Automantenimiento de la línea 6

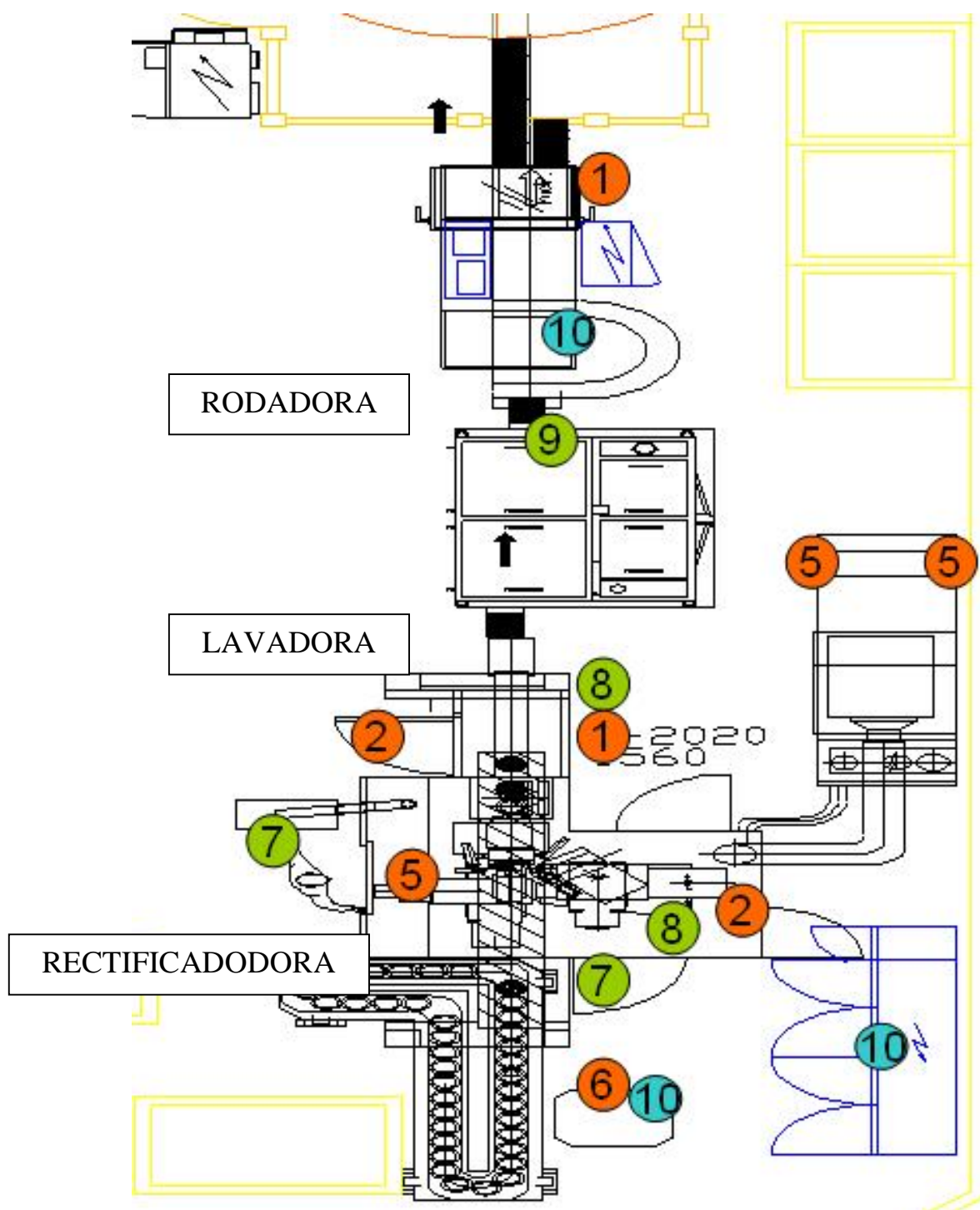


Figura 5.17. Lay-out de la línea 6 donde figura cada punto donde hay que aplicar automantenimiento

El Automantenimiento permitirá reducir el número de paradas por varios tipos de incidencia ya que el operario será el que lleve a cabo esta parte de mantenimiento preventivo.

El resto de incidencias o averías se deberá solucionar de la manera más rápida. El procedimiento a seguir es que cuando el operario las detecte, avise a su supervisor el cual, una vez comprobada, decidirá si se puede solventar en el momento con la ayuda del preparador, o si por el contrario es necesario la actuación correctiva de Mantenimiento. En este caso, se le enviará una orden de trabajo a través del sistema SAP en la que conste la definición de la avería, el tipo al que pertenece en función si es eléctrica, mecánica o de engrase, si la máquina se encuentra parada y su prioridad. Automáticamente se genera la fecha, la hora, la persona que la ha generado y un número de orden.

Una vez finalizada la intervención, Mantenimiento cerrará la orden completándola con la duración de la reparación, operario u operarios que la llevaron a cabo, repuestos empleados y explicación de la acción que se ha ejecutado. Una vez registrado todo lo anterior en el sistema, se podrán obtener informes de apoyo al TPM, que permitirán analizar el estado de una máquina o célula para la toma de decisiones. Los datos más interesantes que se pueden obtener son los siguientes:

- Número de paradas de la máquina
- Tiempo total de parada entre dos fechas determinadas.
- Disponibilidad de la máquina o porcentaje del tiempo que ha estado operativa mientras se pudiera trabajar.
- MTTR: Tiempo medio de reparación
- MTBF: Tiempo medio entre fallos

5.5.1. Datos y gráficos de la Célula 145.

A continuación se mostrarán los datos y los gráficos relativos a los diferentes indicadores que el departamento de mantenimiento maneja respecto de la célula 145 del 2009:

ENERO	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	14	14,12	1,90	3,52	451,15	92,42
FEBRERO	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	24	61,64	9,17	13,42	118,19	63,31
MARZO	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	9	16,55	2,22	5,99	496,22	91,11
ABRIL	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	12	29,46	4,09	10,09	265,92	83,64
MAYO	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	9	17,37	2,34	7,06	473,44	90,66
JUNIO	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	9	83,89	11,65	21,98	278,02	53,39
JULIO	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	4	8,98	1,20	8,98	735,02	95,18
AGOSTO	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	1	2,62	0,35	2,62	183,38	98,59
SEPTIEMBRE	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	2	19,83	2,76	19,83	340,17	88,98
OCTUBRE	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	4	22,54	3,03	11,27	174,73	87,88
NOVIEMBRE	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	16	25,58	3,56	4,61	111,11	85,78
DICIEMBRE	Paradas	T. parada	% T.Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	6	27,34	3,67	12,53	126,97	85,31

Figura 5.18. Datos de disponibilidad operativa de la célula 145 durante todo el año 2009

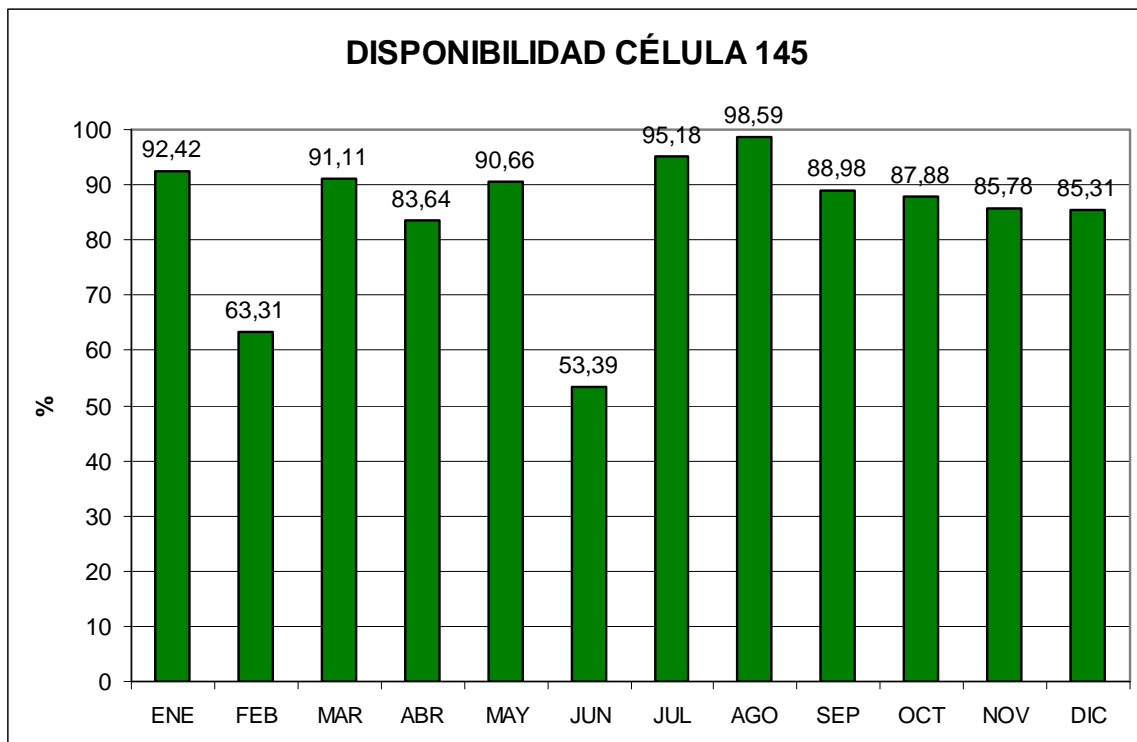


Figura 5.19. Gráfico de la disponibilidad de la célula 145 en cada mes en el año 2009

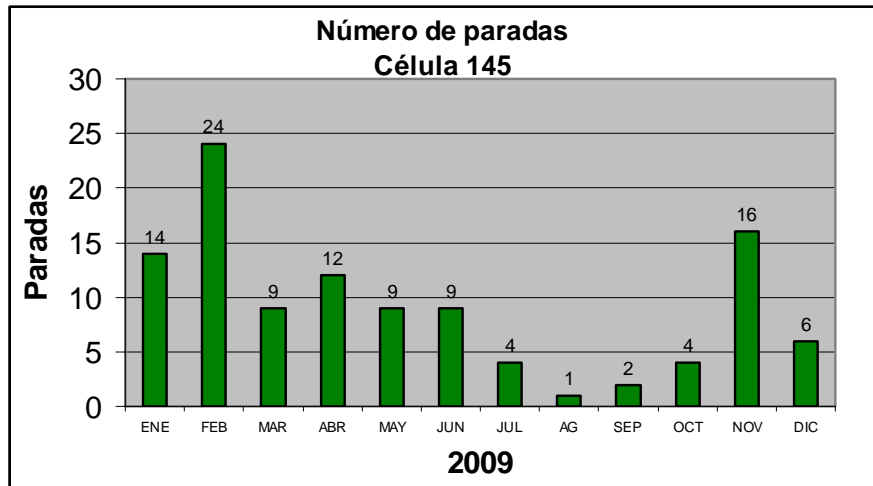


Figura 5.20. Gráfico de los números de parada de célula en cada mes en el año 2009

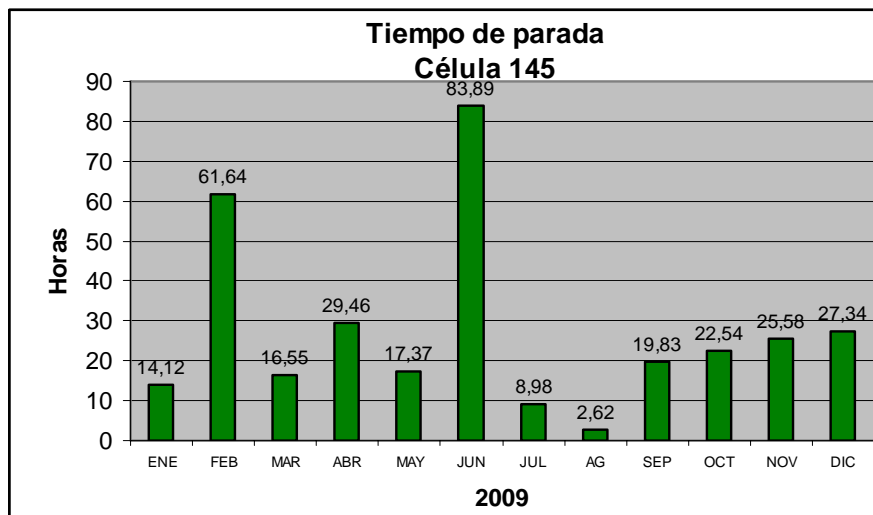


Figura 5.21. Gráfico de las horas de parada de célula en cada mes en el año 2009

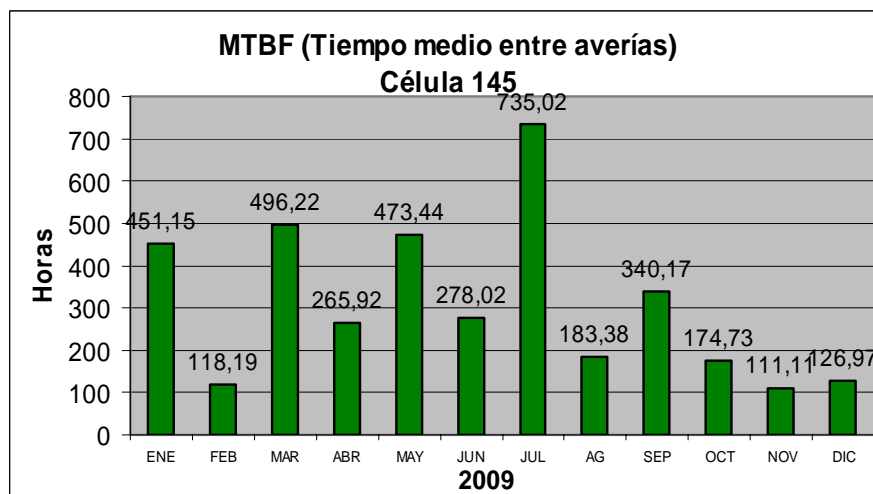


Figura 5.22. Gráfico del tiempo medio entre avería de la célula 145 en cada mes en el año 2009

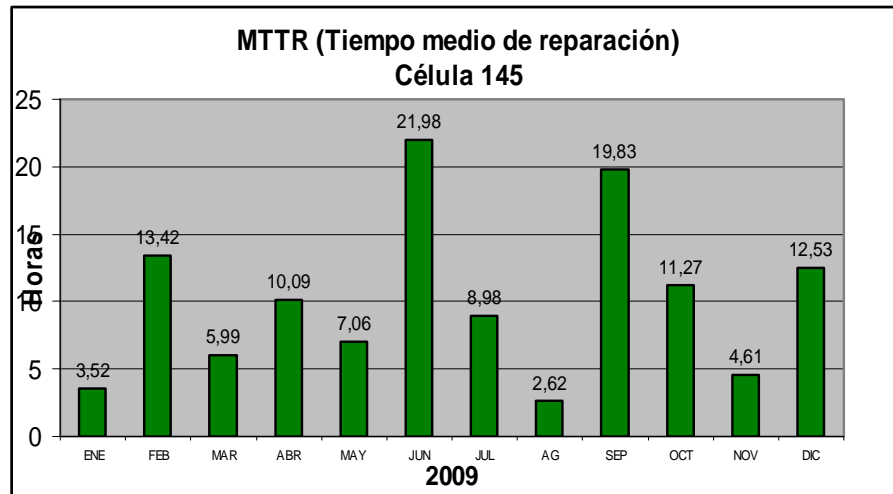


Figura 5.23. Gráfico del tiempo medio de reparación de la célula 145 en cada mes en el año 2009

5.5.2. Mejoras obtenidas en la Célula 145

Se pueden observar en los gráficos de disponibilidad de célula y de paradas, que a partir del mes de julio los datos son mejores. En esta célula la implantación del automantenimiento se llevó a cabo durante el mes de junio, en la cual, además de la formación reflejada en las pautas de mantenimiento preventivo, también se dio una formación básica en electricidad y mecánica. Así, averías pequeñas como cambios sencillos de sensores, limpieza o sustitución de filtros, cambio de latiguillos, sustitución de boquillas de soplado o de aceite, cambios de bombillas o luces interiores, etc, quedaron sin reflejar y fueron subsanadas por los propios operarios sin que la producción se resintiera, favoreciendo los indicadores de disponibilidad. De este modo se consiguió mejorar en término medio de un 79% a un 90% desde el primer semestre del año al segundo. Igual ocurrió con el número de paradas de célula, de 12,8 a 5,5, y tiempo de paradas de célula, de 37,1 horas a 17,8.

5.5.3. Datos y gráficos de la Línea 6 de rectificadoras.

A continuación, los mismos datos en la línea 6 de rectificadoras:

ENERO	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	6	17,18	0,00	6,29	-6,29	100,00
FEBRERO	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	7	11,46	0,00	3,58	-3,58	100,00
MARZO	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	9	19,28	0,00	4,44	-4,44	100,00
ABRIL	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	6	6,06	0,82	2,24	164,16	97,55
MAYO	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	17	82,75	11,23	12,29	94,19	66,31
JUNIO	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	17	181,36	24,89	34,54	40,74	25,33
JULIO	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	18	63,20	10,38	18,18	90,39	68,87
AGOSTO	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	1	0,18	0,00	0,18	138,49	100,00
SEPTIEMBRE	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	21	61,40	9,04	4,88	24,84	72,88
OCTUBRE	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	17	34,56	5,20	4,04	31,68	84,41
NOVIEMBRE	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	12	45,33	5,88	7,56	38,67	82,35
DICIEMBRE	Paradas	T. Parada	% T. Parada	MTTR	MTBF	Disponibilidad
	7	31,79	6,12	9,23	74,77	81,63

Figura 5.24. Datos de disponibilidad operativa de la línea 6 durante todo el año 2009

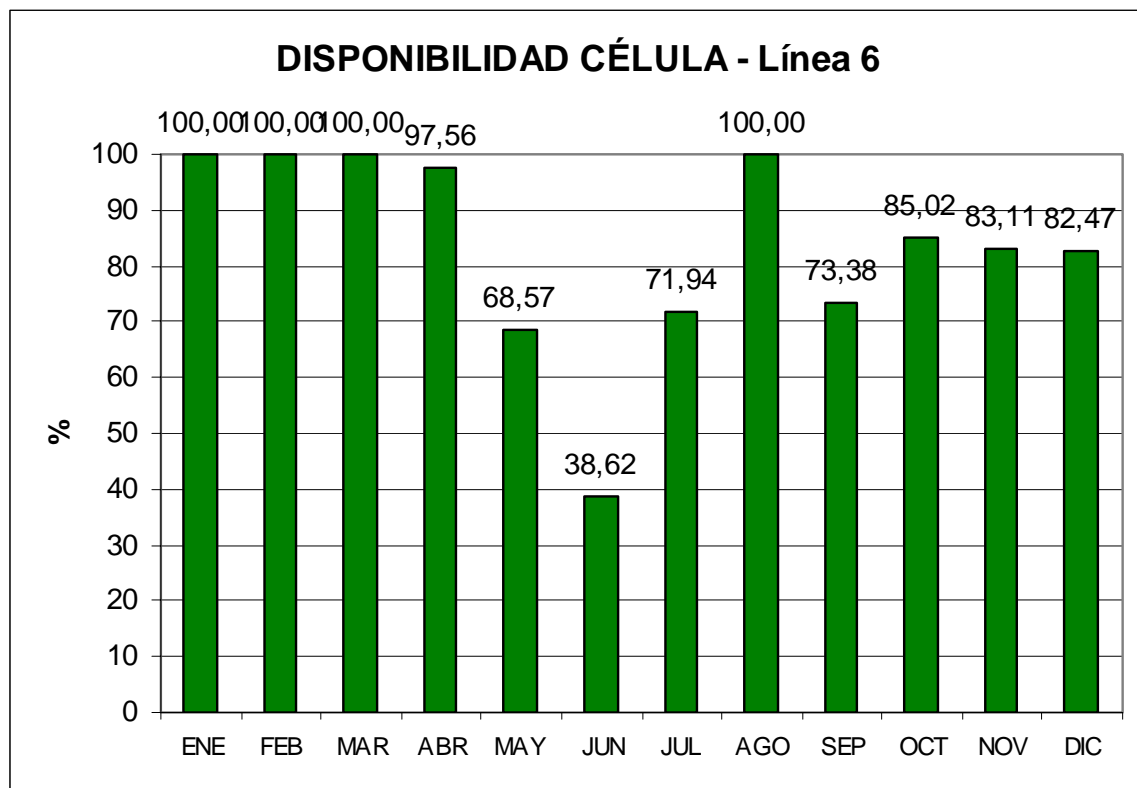


Figura 5.25. Gráfico de la disponibilidad de la línea 6 en cada mes en el año 2009

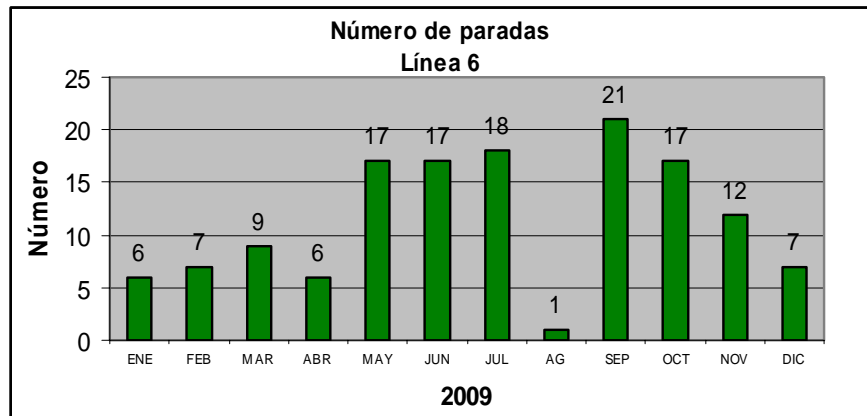


Figura 5.26. Gráfico de los números de parada de la línea 6 en cada mes en el año 2009

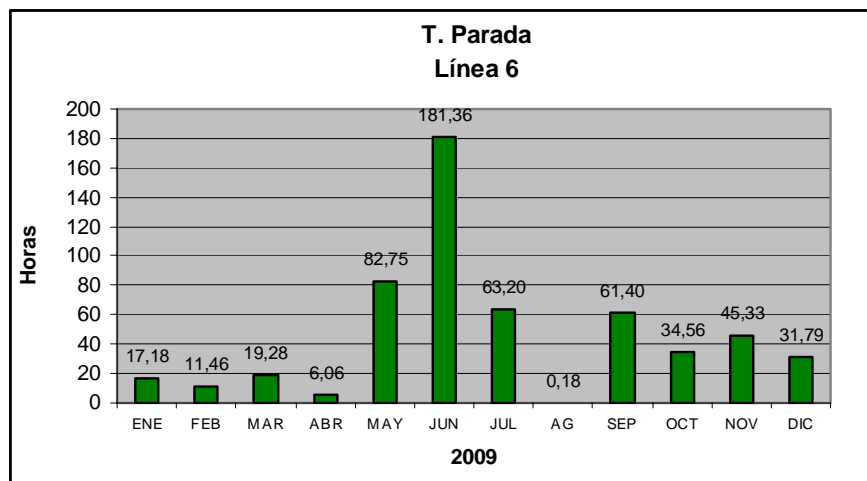


Figura 5.27. Gráfico de las horas de parada de la línea 6 en cada mes en el año 2009

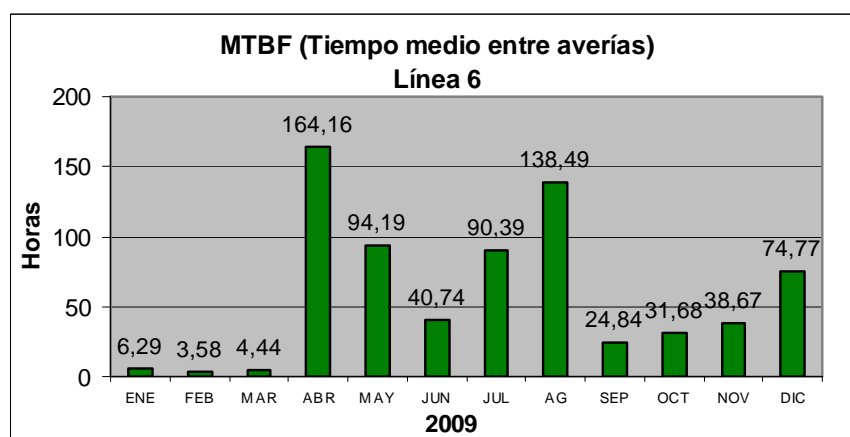


Figura 5.28. Gráfico del tiempo medio entre avería de la línea 6 en cada mes en el año 2009

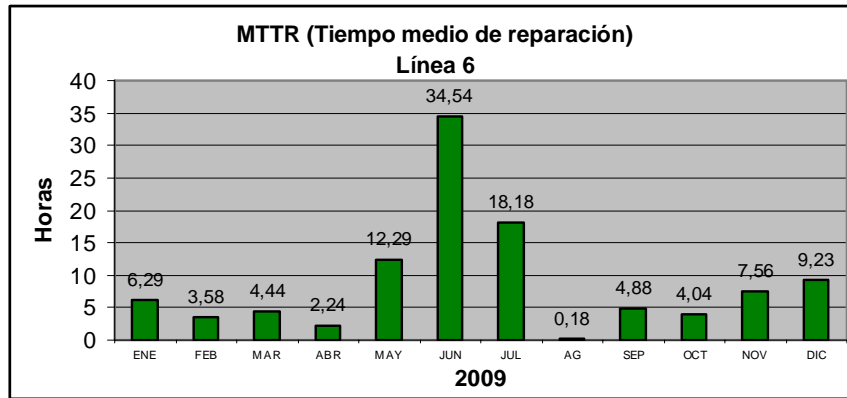


Figura 5.29. Gráfico del tiempo medio de reparación de la línea 6 en cada mes en el año 2009

5.5.4. Mejoras obtenidas en la Línea 6

En el caso de la línea 6, los datos dependen fundamentalmente del comportamiento de la rectificadora. El resto de máquinas tienen disponibilidades cercanas al 100% por la sencillez de su funcionamiento y su robustez, pero la rectificadora es la máquina más importante de la línea y, por su trabajo, la que más al límite va en cuanto a nivel de exigencia, y por tanto la más susceptible de averiarse. Además se está dando el caso de que esta rectificadora está siendo más problemática que otras máquinas similares del departamento. De aquí que se obtengan datos de disponibilidad de célula tanto poco consistentes. Hay semanas que la máquina trabaja a la perfección y semanas en las que da más problemas que de costumbre. Para evitar esto, recientemente se ha hecho una revisión integral y pormenorizada de la máquina, en colaboración con el fabricante, que ha ayudado a detectar las causas raíz que hacían tener una disponibilidad tan baja y tan variable. Una vez mejorados aspectos de programa, sensórica y adecuación de motores y cabezales, estos son los datos de disponibilidad de máquina obtenidos en el primer cuatrimestre de 2010.

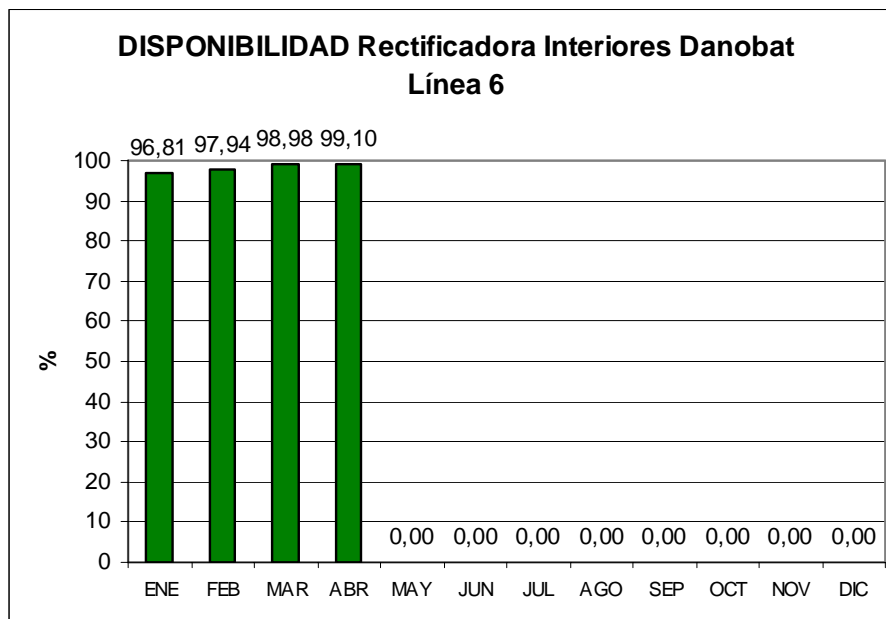


Figura 5.30. Gráfico de la disponibilidad de la rectificadora de la línea 6 durante el primer cuatrimestre del 2010

5.6. Control de la Calidad. Control estadístico de procesos (SPC)

Este capítulo se centrará en el control de la calidad mediante una herramienta que se conoce como el SPC o Control Estadístico de Proceso. Con ello se pretende tener bajo control el comportamiento de ciertas características críticas de una determinada pieza de manera que sea posible mejorar los indicadores de calidad.

Para Deere & Company el concepto de calidad es quizás el valor más importante de todos los que componen su estrategia diferenciadora respecto de la competencia. Este valor dicta que para que una cosechadora o tractor tenga la calidad y fiabilidad que el cliente espera, todos los procesos y productos previos han de mantenerse bajo control de manera que siempre se cumplan los estándares de calidad prefijados y planificados. Como se enunciaba en capítulos anteriores, la calidad no se inspecciona, sino que se diseña y se planifica.

En primer lugar se establecerán procesos de producción o de gestión estándares y robustos que permitan una uniformidad en las características del producto semiacabado o final. Después se establecerán técnicas de control que vigilarán si estos procesos se están comportando según lo establecido o si por el contrario es necesario establecer alguna medida correctora. Esto quiere decir que el operario, en su proceso de mecanizado, deberá medir según una frecuencia, que se ha estudiado y diseñado previamente, una serie de características que harán funcional la pieza, pero un control estadístico más pormenorizado se llevará a cabo en aquellas especificaciones que sean más importantes por diversas razones y que, por tanto, deben tener una variabilidad mínima y controlada. En estos casos no es suficiente que una medida en concreto esté dentro de una tolerancia, sino que además debe estar en todo caso muy cerca de la medida nominal diseñada en el plano.

Con el SPC lo que se pretende, por tanto, es analizar la variabilidad de un proceso para que en el caso que esta sea muy amplia se puedan tomar medidas correctoras.

5.6.1. Variabilidad del proceso

Para tener absolutamente controlado un proceso es necesario eliminar en la medida de lo posible toda fuente de variabilidad. Si en un proceso ideal se comportaran siempre de la misma forma el factor humano, técnico y de materia prima, sería muy fácil tener un proceso bajo control. Por tanto, hay que analizar las diferentes causas que son fuente de variabilidad de nuestro proceso. Estas se pueden separar en dos tipos:

- Causas No Asignables: son aquellas que introducen una variabilidad homogénea y que se puede predecir. Por ejemplo, estado en que llega la forja para mecanizar, siempre y cuando esté dentro de sus especificaciones dimensionales, precisión de las máquinas y aparatos de medida, experiencia del operario, condiciones ambientales del lugar de trabajo, características de las herramientas de trabajo. Estas causas hay que planificarlas.

- Causas Asignables: la variabilidad que introducen es impredecible y hacen que el proceso se quede fuera de control o pierda la tendencia homogénea bajo la que estaba trabajando. Se producen en momentos muy concretos y al eliminarla, se retorna al estado controlado previo. Causas de este tipo pueden ser averías de máquinas, fallos humanos,

defectos en las herramientas, materia prima o aparatos de medida. Estas causas hay que intentar predecirlas y además requieren una actuación urgente para su eliminación.

5.6.2. Hojas de autocontrol


En el proceso de mecanizado y rectificado de los engranajes objetos de estudio de este proyecto es necesario tener bajo control varias características. Ya en las hojas de proceso de cada referencia (anexo de Hojas de Datos Mecánicos) figuran todos los calibres que son necesarios utilizar para cada característica y la frecuencia de medición. Es aquí donde se encuentra el diseño y planificación de control de la variabilidad del proceso.

El operario debe medir según indique este proceso y debe comprobar que todas las medidas se encuentren dentro de la tolerancia establecida. En caso de que alguna medida se salga de la tolerancia, automáticamente deber parar de producir, avisar al supervisor, comprobar todas las piezas anteriores hasta la última medida y buscar la causa que ha provocado el defecto.

Esta es la forma común de comprobar que las piezas que se van obteniendo están dentro de las tolerancias diseñadas. Pero es necesario dar un paso más y profundizar en el comportamiento de ciertas características que se pueden denominar como críticas. Las razones por las cuales una característica pueda denominarse como crítica pueden ser de diversa índole como, por ejemplo, daño causado en un motor en caso de que un engranaje sea montado (rotura del engranaje por defecto del tratamiento térmico), coste económico de desmontaje del motor una vez montado el engranaje defectuoso (defecto de enhebrado), reclamaciones específicas del cliente, etc. En general, las características críticas son las que hacen que el engranaje cause grandes daños en etapas posteriores de su uso. Es por tanto, estas características las que hacen que haya que tenerlas bajo control más exhaustivamente.

Este control más pormenorizado se basa en el registro de datos de estas medidas críticas en hojas de autocontrol para luego someterlos a un estudio estadístico que nos indique la fiabilidad y capacidad de nuestro proceso.

Estas hojas de autocontrol se componen de una línea central que corresponde a la medida nominal y unos límites superior e inferior que corresponden a la tolerancia que marca el proceso. Las medidas a registrar deberán estar siempre dentro de los límites superior e inferior para que se pueda continuar fabricando. Además esta hoja contiene información acerca del calibre a usar, operario que realiza la medida, día, turno, frecuencia, etc. A continuación se muestra una hoja de autocontrol de la referencia R504614, en la que se registrará la medida de enhebrado o relación Nervio-Diente que marca el plano, y en la que se puede observar la zona que está dentro de tolerancia (zona verde), límites (zona amarilla) y zona fuera de tolerancia (zona roja):



John Deere Ibérica
Control de Calidad
Pre - Control

Minifábrica:	Ejes y Engranajes	Nº pieza:	R504614
Unidad de medida:	milímetros	Frecuencia:	1 de 15
Denominación:	Medida de enhebrado	Celula:	145

Calibre posición relativa Nervio-Diente F-49-31-16566 (Medición: 0,00 ± 0,30 mm)

	0,400																																																
	0,350																																																
	0,300																																																
	0,250																																																
	0,200																																																
	0,150																																																
	0,100																																																
	0,050																																																
	0,000																																																
	-0,050																																																
	-0,100																																																
	-0,150																																																
	-0,200																																																
	-0,250																																																
	-0,300																																																
	-0,350																																																
	-0,400																																																

Nº de pieza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Fecha Turno																																																		

NOTA: EN CASO DE ENCONTRAR PIEZAS MALAS REVISAR LAS PIEZAS ANTERIORES HASTA EL ULTIMO AUTOCONTROL

Figura 5.31. Formato de una hoja de autocontrol para registrar las medidas que se requieren.

5.6.3. Análisis estadístico.

Una vez rellena la hoja de autocontrol, se comienza el estudio estadístico que determinará finalmente la capacidad de nuestro proceso o, lo que es lo mismo, si nuestro proceso está bajo control. No basta con que los datos registrados estén dentro de nuestra tolerancia, sino que además tienen que estar lo más cercano a la medida nominal posible. En el caso de que nuestro proceso no esté bajo control, este estudio estadístico además nos tiene que proporcionar información acerca de las fuentes de variabilidad, para poder implantar acciones correctoras.

El indicador que analizaremos y que nos dará una idea de la capacidad y el control de nuestro proceso será el Cpk. Este indicador depende de las medidas de la muestra, su media y desviación típica y los límites inferior y superior de la tolerancia. Un valor de Cpk superior a 1,33 nos asegurará que nuestro proceso está bajo control. Como los datos que obtenemos se ajustan generalmente a una distribución normal, el valor de Cpk superior a 1,33, hace que un 99,73% de las medidas se encuentren dentro del intervalo $X \pm 3\sigma$, siendo X la medida nominal y σ la desviación típica de la muestra.

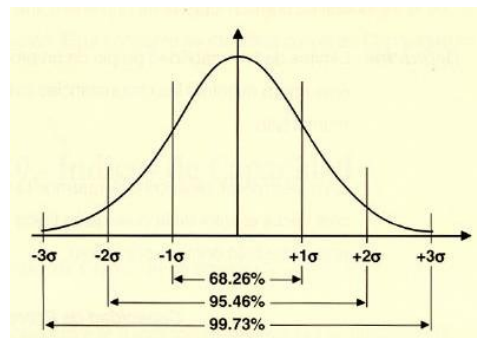


Figura 5.32. Gráfico de una distribución estadística normal con diferentes intervalos de tolerancia

En este proyecto, se analizarán dos características críticas:

- R504614: medida del enhebrado o posición relativa del dentado con los nervios
- R523409: medida del diámetro del cuello rectificado

5.6.3.1. Enhebrado de R504614.

Se entiende como enhebrado la posición relativa del dentado respecto de los nervios que ya trae de forja la pieza. Esta medida es muy crítica ya que estos nervios servirán para que un sensor del motor cuente las revoluciones de este engranaje y a su vez para que este sincronizado con otros engranajes de la distribución. Toda esta información la gestionará una centralita electrónica para que el motor responda en función de las necesidades (par, potencia, consumo, etc).

Como se puede observar en el extracto del plano de fabricación, en este caso el enhebrado viene representado por los $144,73^\circ$ que quedan comprendidos entre un nervio y un diente determinado, que a su vez está referenciado con una marca de sincronismo V4 a $88,5^\circ$. Todo esto está destinado a que el engranaje tenga una posición exacta de montaje, conjunto con el resto de engranajes de la distribución del motor.

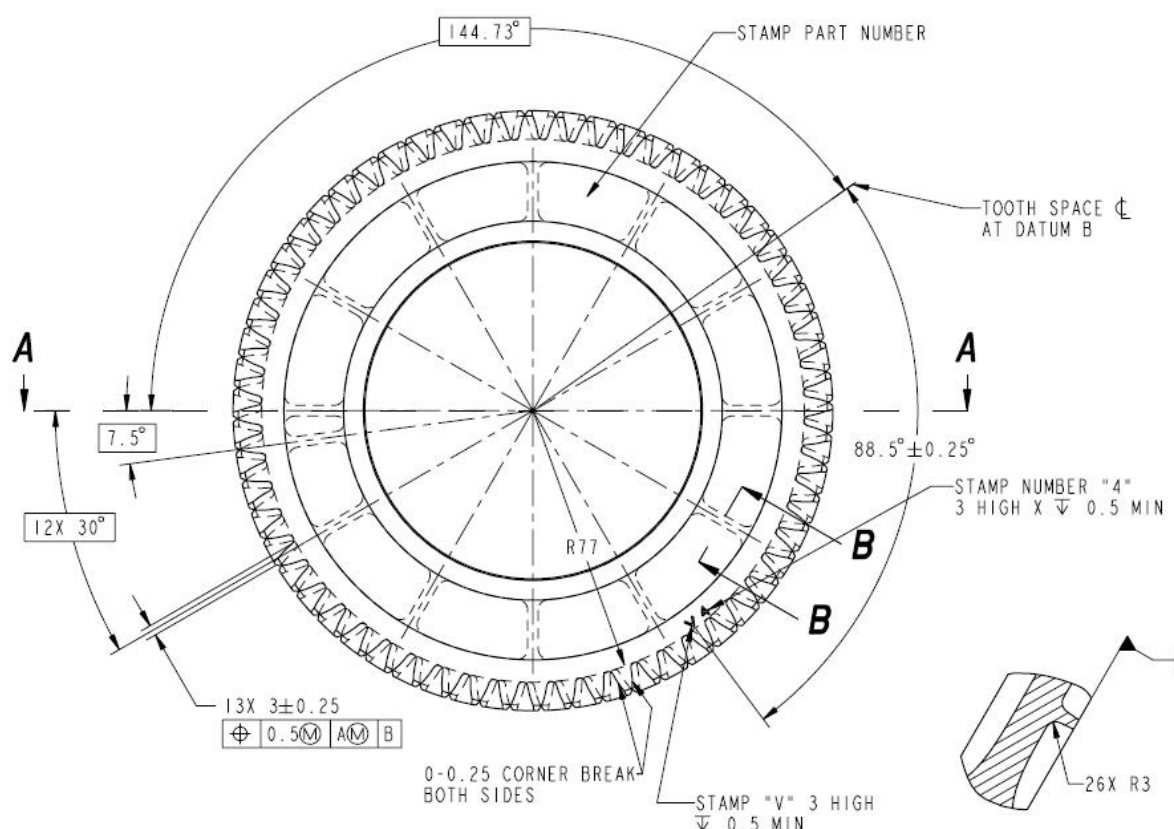


Figura 5.33. Plano de fabricación del frente del engranaje R504614

En la imagen a continuación se muestra el calibre que mide la relación entre diente-nervio de enhebrado:

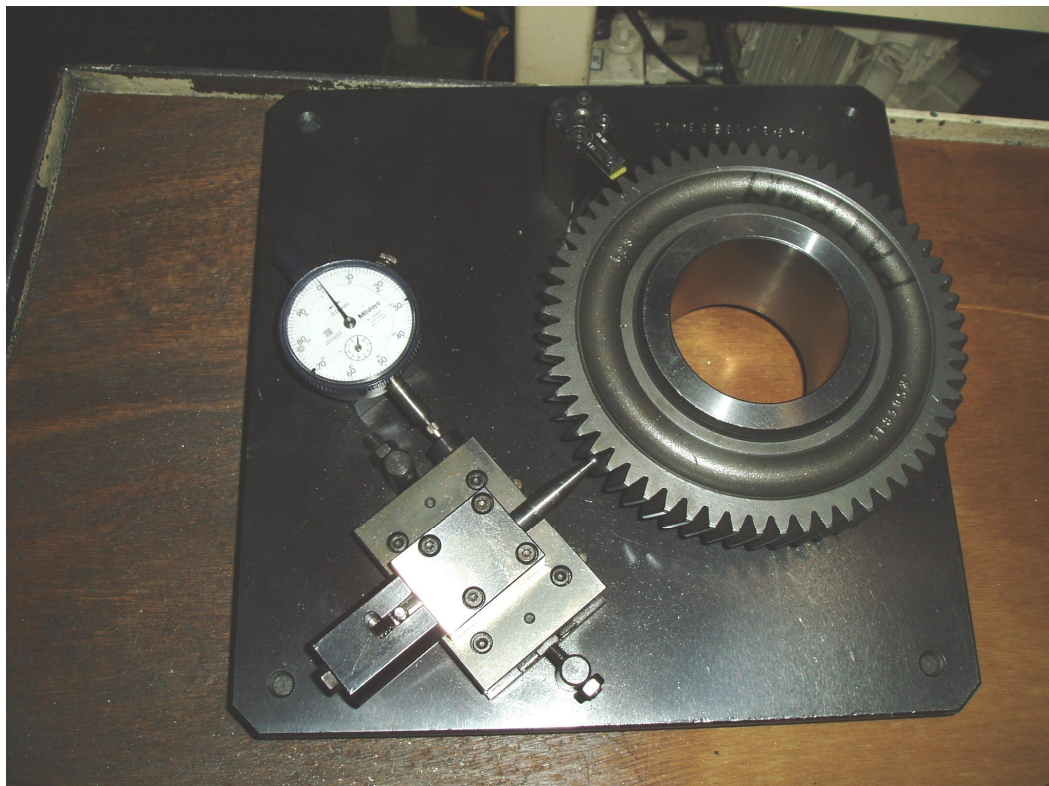


Figura 5.34. Imagen del calibre que mide la relación entre el diente y el nervio de enhebrado

Para el cálculo estadístico del Cpk se tomarán datos relativos a un mes de fabricación. La hoja de autocontrol se irá rellenando turno a turno y al final de la semana se registrarán todos los datos de manera que se puedan manejar en el programa de cálculo. Por tanto, de la hoja de autocontrol diaria al cabo del mes se obtendría el siguiente informe:

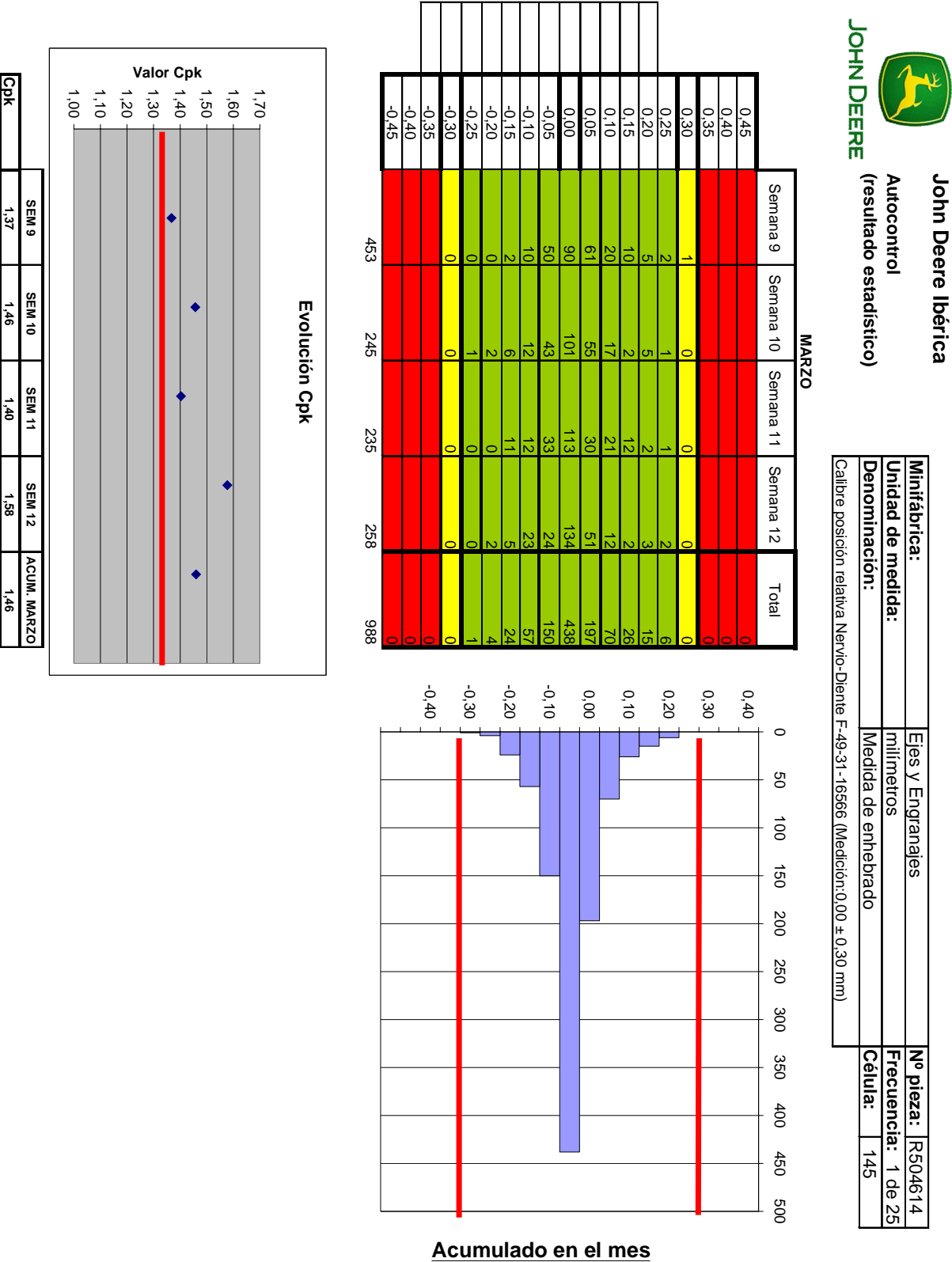


Figura 5.35. Gráfico del SPC del mes de marzo del enhebrado de la referencia R504614

En la primera tabla aparecen las frecuencias relativas de cada uno de los intervalos en los que se recoge cada una de las medidas de forma semanal, y finalmente el acumulado del mes. En pareto que sigue a continuación, se refleja el acumulado de cada una de las medidas al final del mes y en gráfico del Cpk, se observa el valor obtenido semanal y mensual].

En este caso se puede observar cómo el proceso está claramente bajo control puesto que los valores de C_{pk} son superiores en todo caso a 1,33. Esto quiere decir que la variabilidad del proceso es debida a causas no asignables y por tanto se puede planificar. El problema surge cuando la variabilidad del proceso no está bajo control, lo cual quedará mostrado con C_{pk} inferior a 1,33. Esto nos obligaría a estudiar de nuevo el proceso y buscar causas asignables. No obstante, en el día a día del trabajo surgen causas asignables que son fácilmente detectables y subsanables en el mismo momento, ya que el propio operario tiene la obligación de medir según la frecuencia que marca el proceso y en caso de que la medición quede fuera de tolerancia, revisar todas las piezas anteriores hasta el último chequeo de autocontrol.

5.6.3.2. Rectificado del cuello de R523409

Una medida muy crítica en la referencia R523409, además de también tener enhebrado, es la medida del rectificado del diámetro exterior del cuello. Esta medida es muy importante en el montaje del engranaje en el motor. A continuación se muestra el detalle del cuello de la pieza del plano de fabricación, y después el informe del Cpk:

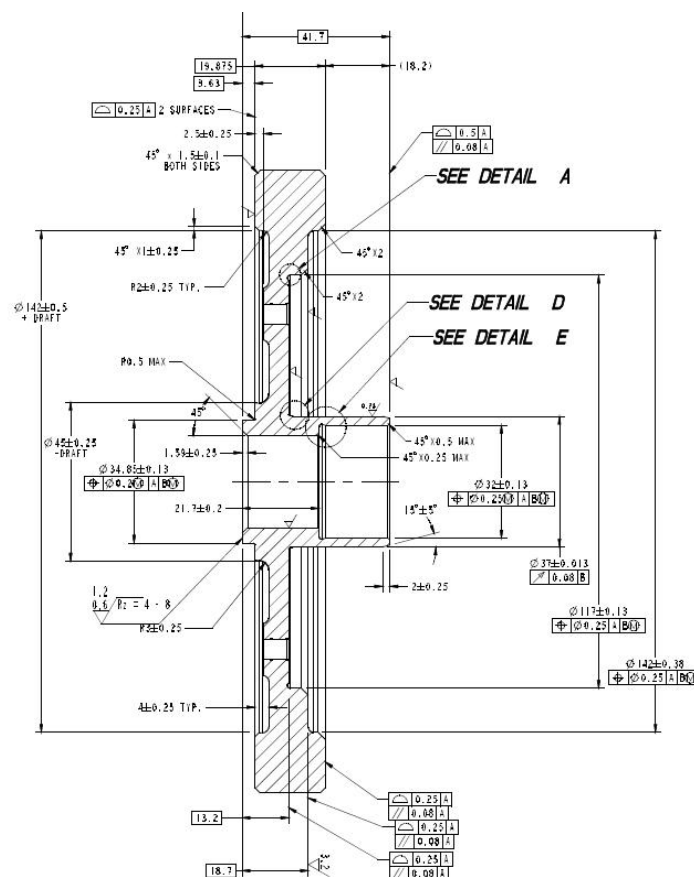


Figura 5.36. Plano de fabricación del engranaje R523409

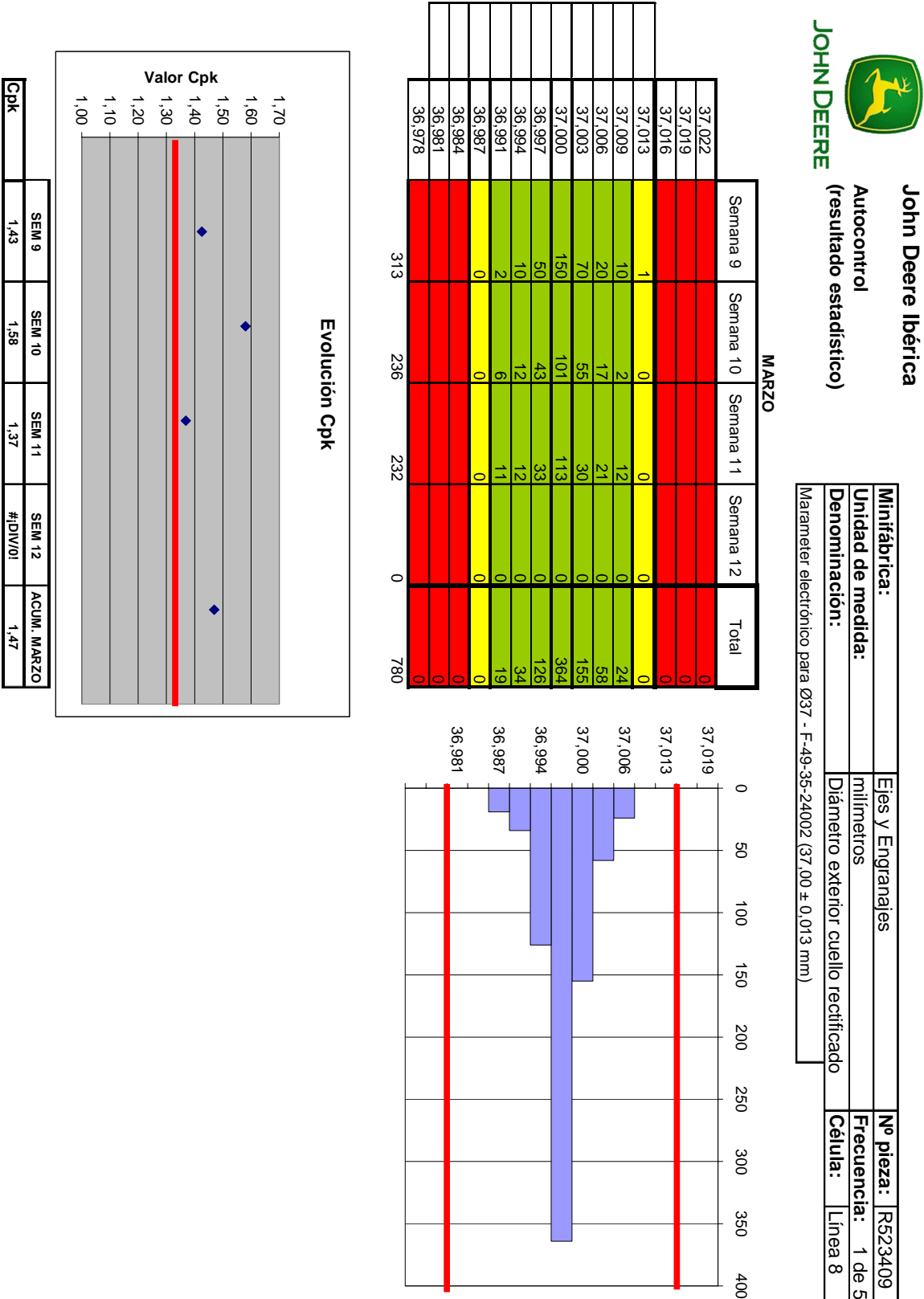


Figura 5.37. Gráfico del SPC del mes de marzo de la medida del cuello del engranaje R523409

En este informe se puede apreciar lo estable que es este proceso y lo controlado que está. Hay que tener en cuenta que se trata de un rectificado con una tolerancia de menos de 3 centésimas en una producción de alto volumen y que es necesario tener herramientas que aseguren esta medida. Se puede observar que en la semana 12 no hubo producción

A continuación, se muestra una imagen del marameter con que se mide el diámetro exterior del cuello, fuente de todas las mediciones:



Figura 5.38. Equipo de medida del cuello rectificado del engranaje R523409

5.7. Orden y Limpieza del puesto de trabajo: 5 “S”

Como elemento fundamental dentro de cualquier sistema de producción basado en los principios de Manufactura Esbelta, como es el DPS, se encuentra las 5 “S” u Orden y Limpieza del puesto de trabajo. Mediante la premisa de un adecuado mantenimiento del lugar donde se desarrolla la actividad productiva, eliminando elementos innecesarios y cuidando que todo se encuentre en lugar y en perfectas condiciones de funcionamiento y limpieza, se podrán detectar más fácilmente fuentes de despilfarro que repercutirán directamente en una mejora sustancial de la eficiencia. El objetivo es eliminar tiempos improductivos los cuales se componen, por ejemplo, de búsquedas innecesarias, repetición de operaciones, pérdida de herramientas, movimientos excesivos, pérdida de disponibilidad de máquinas, por ejemplo, por fugas de aceite que no se han detectado a tiempo, etc.

Pero además de mejorar la eficiencia, manteniendo en buen estado el puesto de trabajo, se mejorarán aspectos relacionados con otros indicadores expuestos en este proyecto como son los relativos a la seguridad y la calidad. Sirva como ejemplos, una derrame de aceite de una máquina en el suelo puede provocar un accidente al operario, o un calibre o aparato de medida que esté sucio puede hacer que salgan muchas piezas defectuosas. Todo esto son fuentes de despilfarro que hay que eliminar.

Con la implantación del DPS, es necesario comprobar mediante auditorias el correcto estado del puesto de trabajo. A continuación se muestra el formato de auditorias en 5 S y en qué estado se encuentra tanto la célula 145 como la línea 6 al inicio de este proyecto antes de aplicar las 5 S. Concretamente se vigila las 3 primeras S, Clasificación, Orden y Limpieza.

NOMBRE PUESTO		Enrique Sánchez Supervisor		CELULA	145				
				FECHA	21/01/2009				
				Calificación Final	<table><tr><td>5S's</td><td></td></tr><tr><td>38%</td><td></td></tr></table>	5S's		38%	
5S's									
38%									
5S's									
Etapas	Parametro a Evaluar	Excelente 100%	Bien 75%	malo 50%	Pesimo 25%				
Organización Seiri	¿Han sido retirados todos los articulos innecesarios?	10	7,5	4					
	Existen articulos innecesarios en la celula en numero de:	0	3	5	Más de 5				
	¿Existen articulos que parezcan estan revueltos en el puesto de Trabajo?	10	7,5	4					
	Existen articulos que parezcan estar revueltos en numero de:	0	3	5	Más de 5				
	¿Existen información desactualizada de procedimientos de trabajo?	10	7,5	4					
	Existen procedimientos desactualizados en numero de:	0	1	Más de 1	Más de 1				
	¿Existe un calculo de IPK's y esta señalado? ¿Se cumple?	10	7,5	4					
	Existe, esta señalado y se cumple								
	Existe y esta señalado								
	Existe								
Total puntos Max 40		25,5	18%						
Seiton	¿Existe un lugar especifico para cada cosa? Localizaciones	10	7,5	4					
	Cosas sin lugar especifico	0	3	5	Más de 5				
	¿Estan todos los articulos y localizaciones identificados y facilmente detectables?	10	7,5	4					
	Articulos sin identificar	0	3	5	Más de 5				
	¿El sistema de reposición de piezas es facilmente localizable en los lotes de piezas?	10	7,5	4					
	Pzas que no sean facilmente localizables.	0	3	5	Más de 5				
	¿Se colocan los articulos en su lugar despues de utilizarse? (Ver al final de turno)	10	7,5	4					
	Articulos fuera de lugar	0	3	5	Más de 5				
	¿Contienen los paneles toda la información demandada y esta actualizada?	10	7,5	4					
	Información incorrecta								
Orden	Errores en panel	0		Falta información	No hay panel				
	¿Existe Hoja de Registro de Material Defectuoso? ¿Se rellena?	10	7,5	4					
	Existe y se rellena con ubicación específica								
Hoja de Registro de Material Defectuoso		Existe y se rellena sin ubicación específica							
Total puntos Max 50		12	9%						

Seiso	¿El area y los Equipos de Trabajo estan Limpios?	10	7,5	4	0
	¿Existen recipientes para alojar los distintos tipos de desechos en el puesto de trabajo?	10	7,5	4	0
		Hay todo lo que necesitamos	Falta 1 contenedor específico	Faltan varios	No se respetan
	¿Estan los pasillos señalizados, limpios y visibles?	10	7,5	4	0
		Pasillo señalado limpio y visible	Se cumple dos de 3	Se cumple 1 de 3	No se cumple ninguna
	Limpio, Visible y Señalizado	3			
	¿Existe un equipo de limpieza en el lugar de Trabajo y se utiliza regularmente?	10	7,5	4	0
		Existe el equipo y se utiliza con ubicación	Existe Equipo, se utiliza sin ubicación	Existe y no se utiliza	No existe
	No es imprescindible que haya un armario de limpieza, si existe un lugar identificado donde dejar los itenes de limpieza				
	Total puntos Max 40	16	11%		
Limpieza	Calificación Final	53,5	38%		

Figura 6.1. Auditoría previa de 5 S de la célula 145

A continuación se muestra la auditoria previa de la línea 6:

NOMBRE PUESTO		Enrique Sánchez Supervisor		CELULA línea 6		FECHA 21/01/2009	
						Calificación Final	
						5S's	
						33%	
5S's							
Etapas	Parametro a Evaluar	Excelente 100%	Bien 75%	malo 50%	Pesimo 25%		
Organización Seiri	¿Han sido retirados todos los articulos innecesarios?	10	7,5	4			
	Existen articulos innecesarios en la celula en numero de:	0	3	5	Más de 5		
	¿Existen articulos que parezcan estan revueltos en el puesto de Trabajo?	10	7,5	4			
	Existen articulos que parezcan estar revueltos en numero de:	0	3	5	Más de 5		
	¿Existen información desactualizada de procedimientos de trabajo?	10	7,5	4			
	Existen procedimientos desactualizados en numero de:	0	1	Más de 1	Más de 1		
	¿Existe un calculo de IPK's y esta señalado? ¿Se cumple?	10	7,5	4			
		Existe, esta señalado y se cumple	Existe y esta señalado	Existe	No hay nada		
	Total puntos Max 40	18	13%				
	Seiton	¿Existe un lugar especifico para cada cosa? Localizaciones	10	7,5	4		
Cosas sin lugar especifico		0	3	5	Más de 5		
¿Estan todos los articulos y localizaciones identificados y facilmente detectables?		10	7,5	4			
Articulos sin identificar		0	3	5	Más de 5		
¿El sistema de reposición de piezas es facilmente localizable en los lotes de piezas?		10	7,5	4			
Pzas que no sean facilmente localizables.		0	3	5	Más de 5		
¿Se colocan los articulos en su lugar despues de utilizarse? (Ver al final de turno)		10	7,5	4			
Articulos fuera de lugar		0	3	5	Más de 5		
¿Continen los paneles toda la información demandada y esta actualizada?		10	7,5	4			
				Falta información			
Orden	Errores en panel	0	Información incorrecta		No hay panel		
	¿Existe Hoja de Registro de Material Defectuoso? ¿Se rellena?	10	7,5	4			
		Existe y se rellena con ubicación específica	Existe y se rellena sin ubicación	Existe y no se rellena	No existe		
	Hoja de Registro de Material Defectuoso						
	Total puntos Max 50	11,5	8%				
	¿El area y los Equipos de Trabajo estan Limpios?	10	7,5	4			
	¿Existen recipientes para alojar los distintos tipos de desechos en el puesto de trabajo?	10	7,5	4			
		Hay todo lo que necesitamos	Falta 1 contenedor específico	Faltan varios	No se respetan		
	Seiso	¿Estan los pasillos señalizados, limpios y visibles?	10	7,5	4		
		Pasillo señalado limpio y visible	Se cumple dos de 3	Se cumple 1 de 3	No se cumple ninguna		
Limpio, Visible y Señalizado		3					
¿Existe un equipo de limpieza en el lugar de Trabajo y se utiliza regularmente?		10	7,5	4			
		Existe el equipo y se utiliza con ubicación	Existe Equipo, se utiliza sin ubicación	Existe y no se utiliza	No existe		
No es imprescindible que haya un armario de limpieza, si existe un lugar identificado donde dejar los itenes de limpieza							
Total puntos Max 40		16	11%				
Calificación Final							
45,5 33%							

Figura 6.2. Auditoría previa de 5 S de la línea 6

Después de las auditorías previas realizadas en la célula 145 y línea 6 de rectificado es necesario someterlas a un análisis pormenorizado de deficiencias en cada una de las 3 primeras S.

5.7.1. 1ª S.: Seiri: Clasificación.

En esta 1ª S se debe eliminar todo aquello que resulta innecesario y que no tiene por que estar en la célula.

- Herramientas y útiles rotos y obsoletos que deben tirarse a la chatarra ya que ya los hay nuevos (C145 y L6)



Figura 6.3. Cajón con útiles desordenados fuera de su sitio y mezclado con tornillos, bridas y otros objetos

- Cajas y contenedores de fresas, discos de afeitar, plaquitas, muelas desgastadas que se encuentran en mesas de trabajo junto con calibres, útiles y herramientas. (C145 y L6)



Figura 6.4. Cajas vacías fuera de lugar

- Armarios y taquillas que se encuentran en exceso y que restan espacio al área de trabajo de la célula. (C145 y L6)
- Mesa grande y silla que restan espacio al área de trabajo de la célula (C145)
- Guantes y trapos usados y sucios que deben eliminarse puesto que ya no se volverán a usar. (C145 y L6)



Figura 6.5. Trapos y guantes sucios y usados sin un contenedor asignado y dejados en el suelo

- Cajas de madera a modo de papeleras. (C145 y L6)



Figura 6.6. Cajas y cubos usados de papeleras y sin lugar asignado

- Botellas de plástico y botes a modo de contenedores de recogida de aceites. (C145 y L6)



Figura 6.7. A la izquierda una lata de tomate utilizada de contenedor de aceite para pequeños goteos. A la derecha se puede observar el cubo estandarizado y debidamente identificado.

5.7.2. 2ª S.: Seiton: Orden.

En la 2ª S se debe establecer un sitio para cada cosa y una cosa para cada sitio. Todo aquello necesario para el trabajo diario tiene que ser de fácil y rápido acceso de manera que se reduzcan los tiempos de búsqueda y manipulación.

- Las herramientas se encuentran amontonadas en cajones. Estas tendrían que estar colocadas en sitios fijos dentro de la mesa de trabajo de manera que sean rápidamente accesibles.



Figura 6.8. Herramientas amontonadas en cajones, desordenadas, sin lugar específico asignado y mezcladas con útiles

- Los calibres se encuentran encima de una mesa de trabajo, mezclándose los de diferentes referencias y estorbando cualquier acción que se haya que llevar a cabo

encima de la mesa. Estos deberían agruparse en bandejas que pertenezcan a cada una de las referencias que se mecanizan.



Figura 6.9. Calibres debidamente ordenados y colocados en sus bandejas correspondientes

- Los útiles de todas las máquinas deberán colocarse en estanterías y bandejas ordenadas por referencia que mecanizan y correctamente identificados dentro de ellas. Es muy recomendable que las bandejas o estanterías tengan dibujados los contornos de los útiles que guardan.



Figura 6.10. Útiles de una talladora correctamente colocados e identificados

- Hay diferentes documentos que se deben manejar en el día a día (hoja de trabajo en equipo, control estadístico de procesos, gráficos, hoja de datos mecánicos, etc.) y que se encuentran dispersos en diferentes sitios de la célula. Estos habría que centralizarlos en una carpeta general que facilite su acceso, conservación y orden.



Figura 6.11. Carpetas donde quedan organizados todos los documentos que deben manejar los operarios

- Debe haber un cajón de forja, como materia prima, y una bandeja de pinchos para el material terminado. Su situación tiene que estar delimitada por un contorno pintado en el suelo de manera que sea inequívoca su ubicación. También debe identificarse

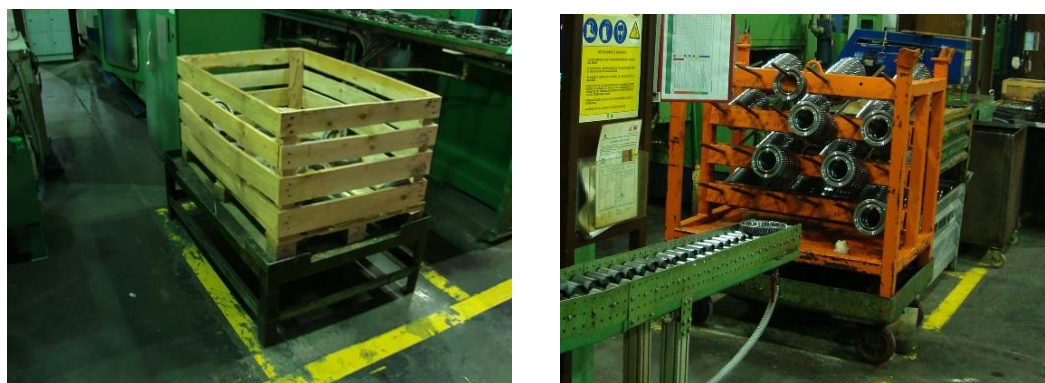


Figura 6.12. Identificación en el suelo del lugar asignado para dejar el cajón de forja de materia prima y la bandeja de pinchos para el material acabado

- De la misma manera, se debe proceder para los cajones de piezas a reprocesar (cajón y contorno de color azul) y las piezas de chatarra o scrap (cajón y contorno de color rojo)



Figura 6.13. Cajones identificados para dejar el material de scrap y el de reproceso

- Todos los contenedores de diferentes residuos (urbanos, sepiolita, trapos, viruta) deben estar siempre en el mismo sitio y con su contorno dibujado en el suelo.



Figura 6.14. Lugar de segregación de desperdicios con sus contenedores debidamente identificados

5.7.3. 3ª S.: Seiso: Limpieza.

En la 3ª S hay que limpiar todo el puesto de trabajo. Esto contribuirá a percibir más claramente fugas y derrames, así como a conseguir una mejor higiene y sensación de bienestar del operario.

- Aspiración de aceite acumulado en bandejas de recogida de máquinas.



Figura 6.15. Se puede observar el aceite que se acumula en la bandeja de recogida de la máquina

- Limpieza de bandejas y carros que transportan las piezas mecanizadas.



Figura 6.16. El carro que transporta la bandeja también acumula aceite

- Limpieza con productos desengrasantes del exterior de las máquinas, sobre todo cristales y ventanas de visualización para el mecanizado.
- Limpieza con productos desengrasantes de herramientas, calibres y útiles.
- Limpieza interna de las máquinas mediante aspiración y desalojo de virutas.
- Limpieza del suelo de derrames de aceite con sepiolita u otro absorbente, y barrido de otros productos de desecho.



Figura 6.17. Suelo sucio por derrame de aceite.

- Pintado de líneas limítrofes de célula o línea, contornos de bandejas, etc. También es necesario pintar partes de máquinas, estanterías, bancos de trabajo, bandejas y carros, etc.

5.7.4. 4ª S.: Seiketsu: Estandarización.

En la 4ª S es necesario establecer un estándar de cómo tiene que estar la célula o línea. Es decir, deber haber una forma clara, documentada y establecida de cual debe ser el estado de la célula o línea. Por tanto, en cada célula se implantará un check-list de actividades diarias, semanales o mensuales a realizar.

The image shows a 'CHECK LIST DE 5's' for 'CÉLULA 142'. The header includes the John Deere logo and the text 'Exigencias gen. A. 1. 5's' and 'Requisitos par. B. 5's'. The main table has columns for 'PERIODO: JULIO-DICIEMBRE' and dates from 28 to 30. The rows list 14 tasks (PAUTA) with checkboxes and a 'Nº' column. The tasks are:

- Revisar y comprobar que no hay artículos innecesarios o en mal estado
- Revisar la existencia y el buen estado del pintado de líneas interiores, líneas de bandejas, pintado de cajones (Scrap y
- Comprobar identificación de bandejas, cajones, herramientas, armarios y comprobar identificación de material
- Comprobar que las herramientas y útiles de trabajo son adecuadas, están en buen estado y no están obsoletas
- Comprobar la existencia, visibilidad y estado del bastidor de seguridad
- Comprobar la existencia y el buen estado del dossier con check list, pauta de automantenimiento y lay out's de la célula
- Comprobar que existe y se rellena la hoja de material defectuoso
- En caso de existencia de IPK's, verificar su señalización
- Revisar que el suelo, herramientas y útiles de trabajo están limpios
- Revisar que las máquinas están limpias
- Comprobar que las zonas comunes y la zona de pasillo afectada por la célula se encuentran limpios y visibles
- Revisar si las máquinas tiran virutas o hay pérdidas, salpicaduras o derrames de aceite
- Comprobar la existencia y buen estado de contenedores de residuos y equipos de limpieza
- Verificar que la información de paneles de medibles, máquinas y hojas de proceso están actualizadas

Figura 6.18. Hoja donde figura el listado de pautas a realizar para mantener el puesto en condiciones de orden y limpieza adecuadas de manera que en todos los sitios se realice de la misma manera.

5.7.5. 5ª S.: Shitsuke: Mantenimiento.

Una vez establecido el estándar del estado de la célula, el último paso consiste en mantenerlo. Una vez que el operario deje de trabajar en la célula debe dejarla tal y cómo la encontró y de acuerdo a lo establecido en la 4ª S de manera que lo más importante es que se

convierta en un hábito. Lo ideal es que es llegue un punto en el cual el operario no tuviera que rellenar o apoyarse en un listado de operaciones a realizar, sino que estas las realice de memoria.

5.7.6. Resultados obtenidos.

Después del análisis en 5 S de la célula 145 y la línea 6, estos son los resultados obtenidos según la auditoria:

NOMBRE PUESTO		Enrique Sánchez Supervisor		CELULA	célula 145
				FECHA	06/10/2009
				Calificación Final	5S's 89%
5S's					
Etapas	Parametro a Evaluar	Excelente 100%	Bien 75%	malos 50%	Pesimo 25%
Organización Seiri	¿Han sido retirados todos los artículos innecesarios?	10	7,5	4	0
	Existen artículos innecesarios en la celula en numero de:	0	3	5 Más de 5	0
	¿Existen artículos que parezcan estan revueltos en el puesto de Trabajo?	10	7,5	4	0
	Existen articulos que parezcan estar revueltos en numero de:	0	3	5 Más de 5	0
	¿Existen información desactualizada de procedimientos de trabajo?	10	7,5	4	0
	Existen procedimientos desactualizados en numero de:	0	1 Más de 1	Más de 1	0
	¿Existe un calculo de IPK's y esta señalado? ¿Se cumple?	10	7,5	4	0
	Existe, esta señalado y se cumple	Existe y esta señalado	Existe	No hay nada	
	Total puntos Max 40	37,5	27%		
	Seiton	¿Existe un lugar específico para cada cosa? Localizaciones	10	7,5	4
Cosas sin lugar específico		0	3	5 Más de 5	0
¿Estan todos los artículos y localizaciones identificados y facilmente detectables?		10	7,5	4	0
Articulos sin identificar		0	3	5 Más de 5	0
¿El sistema de reposición de piezas es facilmente localizable en los lotes de piezas?		10	7,5	4	0
Pzas que no sean facilmente localizables.		0	3	5 Más de 5	0
¿Se colocan los artículos en su lugar despues de utilizarse? (Ver al final de turno)		10	7,5	4	0
Articulos fuera de lugar		0	3	5 Más de 5	0
Orden	¿Continen los paneles toda la información demandada y esta actualizada?	10	7,5	4	0
	Errores en panel	0 incorrecta	Falta información	No hay panel	
	¿Existe Hoja de Registro de Material Defectuoso? ¿Se rellena?	10	7,5	4	0
	Hoja de Registro de Material Defectuoso	Existe y se rellena con ubicación específica	Existe y se rellena sin ubicación	Existe y no se rellena	No existe
Seiso	Total puntos Max 50	52,5	38%		
	¿El area y los Equipos de Trabajo estan Limpios?	10	7,5	4	0
	¿Existen recipientes para alojar los distintos tipos de desechos en el puesto de trabajo?	10	7,5	4	0
	Hay todo lo que necesitamos	Falta 1 contenedor específico	Faltan varios	No se respetan	
	¿Estan los pasillos señalizados, limpios y visibles?	10	7,5	4	0
	Pasillo señalado limpio y visible	Se cumple dos de 3	Se cumple 1 de 3	No se cumple ninguna	
	Limpio, Visible y Señalizado	10	7,5	4	0
	¿Existe un equipo de limpieza en el lugar de Trabajo y se utiliza regularmente?	10	7,5	4	0
	No es imprescindible que haya un armario de limpieza, si existe un lugar identificado donde dejar los ítemes de limpieza	Existe el equipo y se utiliza con ubicación	Existe Equipo, se utiliza sin ubicación	Existe y no se utiliza	No existe
	Total puntos Max 40	35	25%		
Calificación Final				125 89%	

Figura 6.19. Auditoria realizada después de implantar las 5 S en la célula 145

NOMBRE PUESTO		Enrique Sánchez Supervisor		CELULA	línea 6	
				FECHA	06/10/2009	
				Calificación Final	5S's	
					88%	
5S's						
Etapa	Parametro a Evaluar	Excelente	Bien	malo	Pesimo	
Organización Seiri	¿Han sido retirados todos los articulos innecesarios?	100%	75%	50%	25%	
	Existen articulos innecesarios en la celula en numero de:	10	7,5	4	0	
	¿Existen articulos que parezcan estan revueltos en el puesto de Trabajo?	0	3	5	Más de 5	0
	Existen articulos que parezcan estar revueltos en numero de:	10	7,5	4	0	
	¿Existen información desactualizada de procedimientos de trabajo?	0	3	5	Más de 5	0
	Existen procedimientos desactualizados en numero de:	10	7,5	4	0	
	¿Existe un calculo de IPK's y esta señalado? ¿Se cumple?	0	1	Más de 1	Más de 1	0
		10	7,5	4	0	
		Existe, esta señalado y se cumple	Existe y esta señalado	Existe	No hay nada	
		Total puntos Max 40	37,5	27%		
Seiton	¿Existe un lugar especifico para cada cosa? Localizaciones	10	7,5	4	0	
	Cosas sin lugar especifico	0	3	5	Más de 5	0
	¿Estan todos los articulos y localizaciones identificados y facilmente detectables?	10	7,5	4	0	
	Articulos sin identificar	0	3	5	Más de 5	0
	¿El sistema de reposición de piezas es facilmente localizable en los lotes de piezas?	10	7,5	4	0	
	Pzas que no sean facilmente localizables.	0	3	5	Más de 5	0
	¿Se colocan los articulos en su lugar despues de utilizarse? (Ver al final de turno)	10	7,5	4	0	
	Articulos fuera de lugar	0	3	5	Más de 5	0
Orden	¿Continen los paneles toda la información demandada y esta actualizada?	10	7,5	4	0	
	Errores en panel	0	Información incorrecta	Falta información	No hay panel	
	¿Existe Hoja de Registro de Material Defectuoso? ¿Se rellena?	10	7,5	4	0	
	Hoja de Registro de Material Defectuoso	Existe y se rellena con ubicación específica	Existe y se rellena sin ubicación	Existe y no se rellena	No existe	
	Total puntos Max 50	50	36%			
Limpieza Seiso	¿El area y los Equipos de Trabajo estan Limpios?	10	7,5	4	0	
	¿Existen recipientes para alojar los distintos tipos de desechos en el puesto de trabajo?	10	7,5	4	0	
		Hay todo lo que necesitamos	Falta 1 contenedor específico	Faltan varios	No se respetan	
	¿Estan los pasillos señalizados, limpios y visibles?	10	7,5	4	0	
		Pasillo señalado limpio y visible	Se cumple dos de 3	Se cumple 1 de 3	No se cumple ninguna	
	Limpio, Visible y Señalizado	10	7,5	4	0	
	¿Existe un equipo de limpieza en el lugar de Trabajo y se utiliza regularmente?					
		Existe el equipo y se utiliza con ubicación	Existe Equipo, se utiliza sin ubicación	Existe y no se utiliza	No existe	
	No es imprescindible que haya un armario de limpieza, si existe un lugar identificado donde dejar los itenes de limpieza					
	Total puntos Max 40	35	25%			
				Calificación Final	122,5	88%

Figura 6.20. Auditoria realizada después de implantar las 5 S en la línea 6 de rectificado

Se puede comprobar como se ha mejorado después de casi 10 meses de cambios en ambos puestos de trabajo y sobre todo de concienciación por parte del operario. Además del aspecto que ha pasado a tener, es muy destacable el cambio tan positivo que ha experimentado el trabajador ya que reconoce que ahora su forma de trabajar es mucho más cómoda y que se siente mucho más a gusto. Ha sido difícil cambiar esta mentalidad después de que, en varios casos, hayan sido muchos años con la misma forma de trabajar.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el capítulo anterior se han ido analizando e implementando los cambios que DPS propone en la célula 145 y la línea 6. El proceso a seguir ha sido similar en los anteriores apartados, desde una situación inicial se introduce una modificación que produce una serie de mejoras que deben ser cuantificables de algún modo. En este capítulo se reflejará los resultados obtenidos después de la implantación directa de cada una de la mejoras y también la evolución de los indicadores después de la aplicación general de DPS en los diferentes equipos de trabajo. A continuación se mostrarán otras conclusiones, trabajos futuros y la experiencia personal que ha supuesto la realización de este proyecto.

6. Resultados obtenidos

La implantación de las herramientas que DPS propone claramente ayuda a la consecución de los objetivos marcados en un principio. Pero quizás lo más importante y que más impacta en los resultados es el cambio de mentalidad y concienciación que se produce a nivel de fábrica por parte de todas las personas que aquí trabajan. La idea de ser más competitivos a costa de trabajar más eficientemente, eliminando tiempos y trabajos improductivos, persiguiendo hacer las cosas bien a la primera y en condiciones de seguridad, es en realidad el cambio más relevante. Con esta nueva concienciación colectiva, se están obteniendo grandes resultados a nivel general, y estos resultados son el producto de la unión de muchos esfuerzos, ideas y herramientas, de los cuales cada uno tiene su grado de aportación difícil de calcular. Por ejemplo, es difícil saber cuánto aporta 5 'S' a la mejora de eficiencia o a la reducción de ppm's de calidad.

Por ello, en primer lugar se analizarán los resultados obtenidos cuantificables a la aplicación de estas herramientas en concreto. Estos resultados serán compilados del capítulo 5 en el cual ya aparecen estos resultados. En segundo lugar, se mostrará la evolución de todos los indicadores del primer semestre del año fiscal 2010 (desde noviembre de 2009 hasta abril de 2010), después de la puesta en marcha de la implantación de DPS:

6.1. Resultados del capítulo anterior

- VSM: Se ha conseguido una reducción del MCT del 35% en todo el proceso de fabricación de ambas referencias que engloba a la célula 145 y línea 6, lo que significa que se tardará menos tiempo en enviar un lote al cliente, y un ahorro del inventario en proceso del 35%, con lo que se consigue un ahorro total de 41.717 €. En su capítulo se puede ver el desglose de estos ahorros.
- Mejora Continua: como se comentaba al inicio de su capítulo relativo, en este proyecto solo se han tratado los 4 proyectos relativos a la célula 145 pertenecientes a un trimestre, pero hay que tener en cuenta que en casi los 6 trimestres que ha durado este proyecto se han llevado a cabo otros tantos en el equipo de Engranajes del Motor 1 y en el equipo de Rectificadoras 2, con sus consiguientes mejoras. Estos son los beneficios obtenidos con uno de los proyectos terminados tratados en el capítulo anterior :
 - Entregas: se ha conseguido un aumento de la disponibilidad de máquina o OEE del 2.08%, lo cual repercutirá positivamente en la productividad.
 - Calidad: se ha mejorado en un 6,96% el FPY de la célula 145
 - Eficiencia: con este proyecto ha aumentado la eficiencia un 3.85%
 - Seguridad: mejora de la auditoria de seguridad un 10%
- Automantenimiento: desde que se implantó, la mejora de disponibilidad de máquina ha sido considerable, concretamente en la célula 145 se pasó de un 79% a un

90%, y en la línea 6, después del automantenimiento y la mejora continua en la rectificadora, ha tenido valores cercanos al 98%.

- SPC: en las características críticas de ambas piezas donde se ha implantado el SPC, se ha conseguido obtener un Cpk superior a 1,33 con lo que se puede afirmar que la variabilidad de sus procesos está controlada.
- 5 'S': la mejora de la situación de los puestos de trabajo de la célula 145 y línea 6 ha sido muy considerable como se puede comprobar en sus auditorías, concretamente se han pasado de 38% y 33%, a 89% y 88%, respectivamente. Esta situación alcanzada es la que hay que mantener e ir mejorando hasta llegar al 100%

6.2. Resultados tras implantar DPS

A continuación se mostrarán los resultados de los indicadores de los equipos de trabajo después de la puesta en marcha de la implantación de DPS. Estos indicadores muestran la marcha conjunta de los equipos de trabajo en los que quedan encuadradas la célula 145 y Línea 6, es decir, en todo el departamento de Engranajes del Motor:

6.2.1. Indicadores de Calidad:

- FPY: First Part Yield o piezas buenas a la primera. Aquí se puede observar la marcha del actual año fiscal en relación al objetivo que es el 95%.

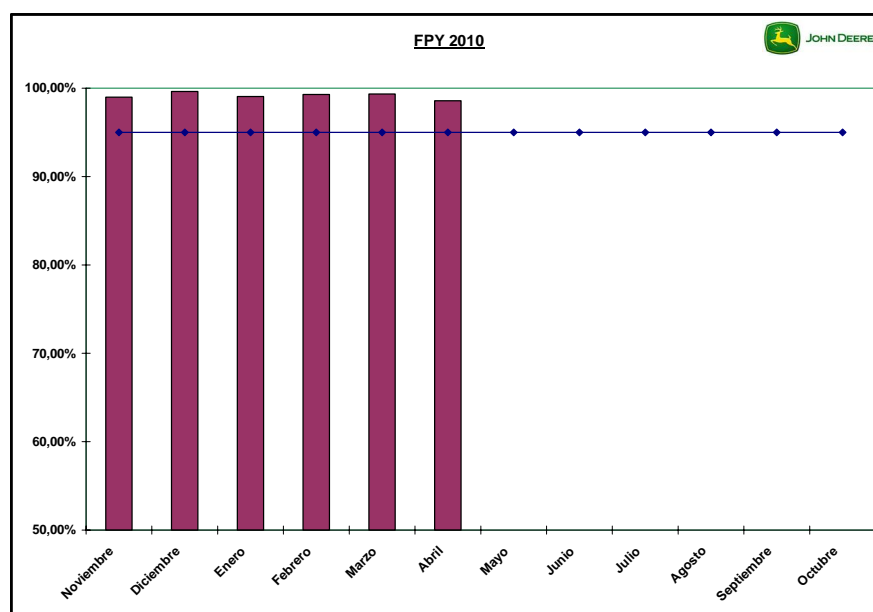


Figura 6.1. Gráfico del FPY conseguido en la primera mitad del año 2010 en todo EM

- PPMs en el cliente: El objetivo para este año es conseguir estar por debajo de 300 ppm. Es un objetivo ambicioso puesto que el año anterior estaba fijado en 700 ppm. El acumulado en el 2º trimestre es de 261 ppm, lo cual es un dato muy bueno.

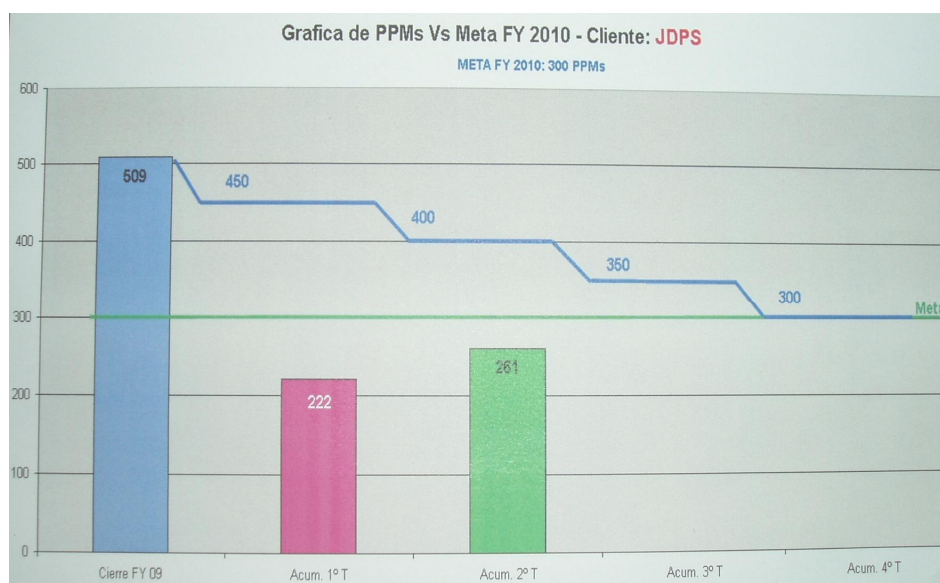


Figura 6.2. Gráfico de la evolución de las PPMs en el cliente durante 2010

6.2.2. Indicadores de Eficiencia:

- Aumento de la Eficiencia: en este caso el objetivo es la mejora de la eficiencia en un 10%. Se puede comprobar la buena marcha de los equipos.

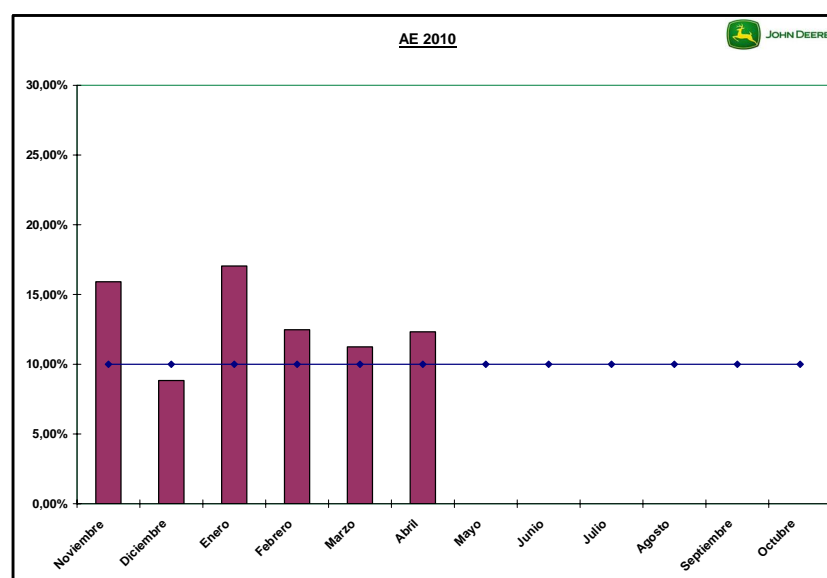


Figura 6.3. Gráfico de la evolución del aumento de la eficiencia en todo EM

- **Productividad:** Cómo objetivo la empresa fija que en engranajes del motor la productividad debe estar siempre por encima del 75%. En este caso se puede observar la dificultad que entraña conseguir este objetivo ya que en este indicador influye todas las paradas como averías, reajustes, absentismo, reprocesos, puestas a punto, preparaciones, etc. Es posible, por la definición de los indicadores, ser muy eficiente y poco productivos, ya que se puede trabajar muy bien con una alta eficiencia pero poco tiempo.

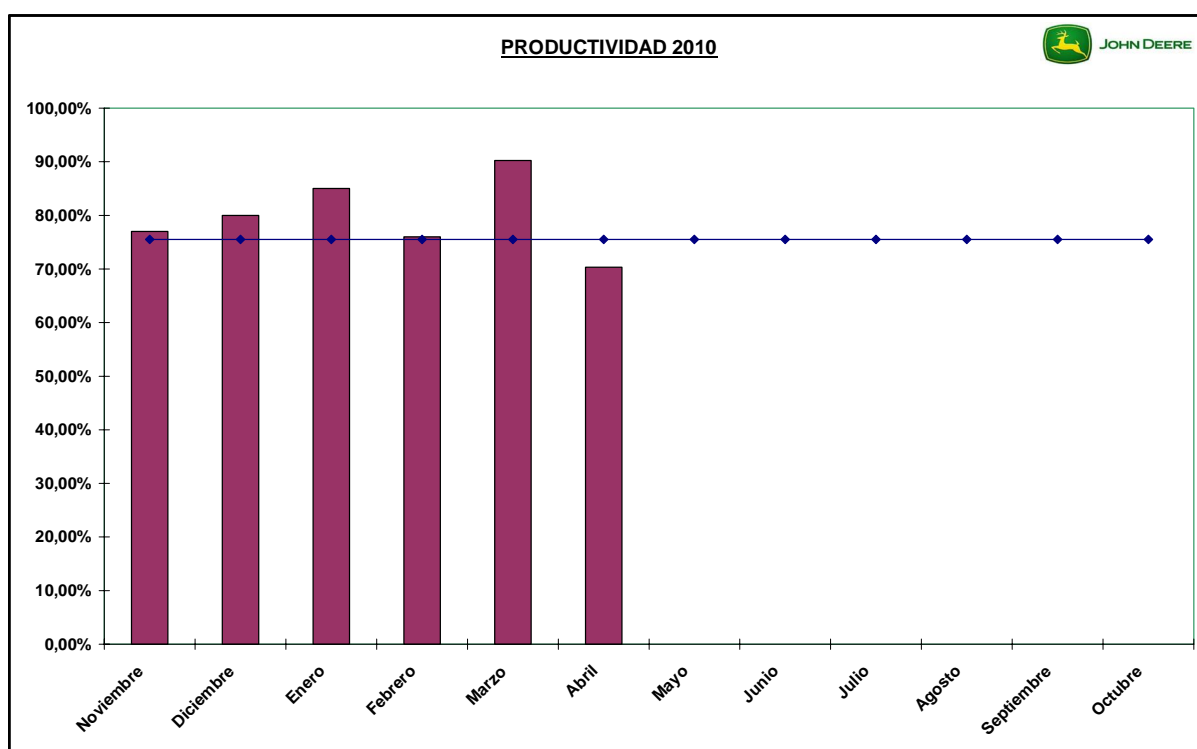


Figura 6.4. Gráfico de la evolución del aumento de la productividad en todo EM

6.2.3. Indicadores de Entregas:

- **Disponibilidad de célula:** El objetivo es 60% del tiempo de disponibilidad de máquina. Como se puede observar, este gráfico está muy relacionado con el anterior relativo a productividad y con el siguiente relativo a pérdidas. En el mes de abril el OEE revela una baja disponibilidad de célula por que se han dado muchas pérdidas por averías. Se han tenido que dar varias averías importantes a la vez para que en todo el equipo haya bajado tanto el OEE y la productividad.

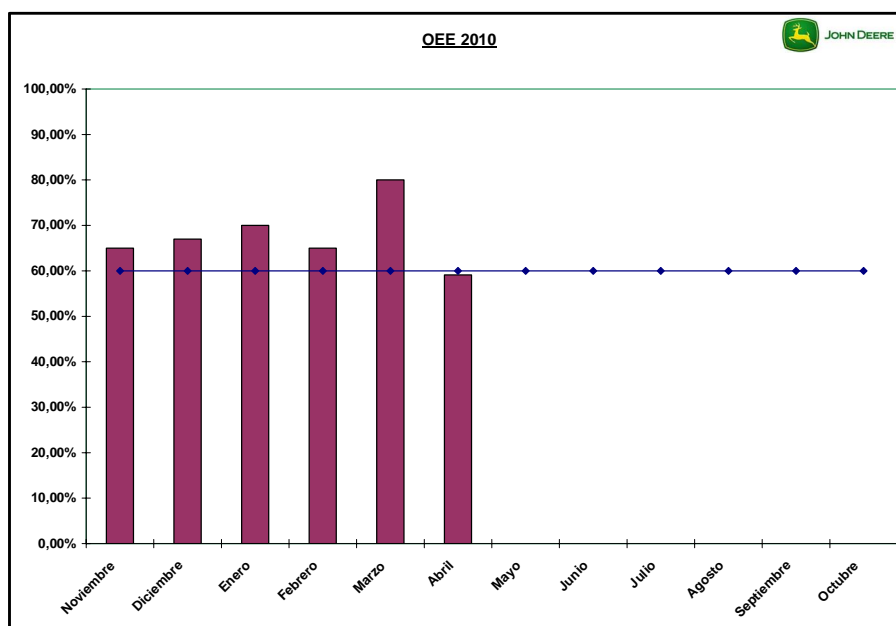


Figura 6.5. Gráfico del OEE o disponibilidad de célula en todo EM

- Pérdidas: en este gráfico se desglosa las causas por las cuales no ha podido aprovecharse el 100% del tiempo las células y demuestra como la incidencia total de averías ha penalizado el OEE. Concretamente se puede observar el gráfico de pérdidas del mes de abril de 2010.

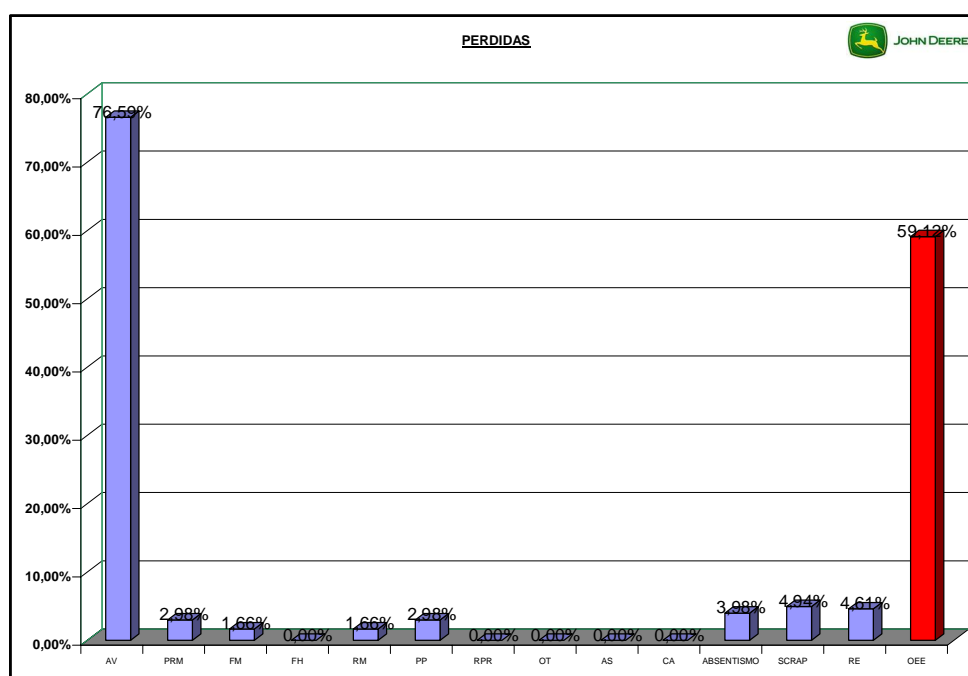


Figura 6.6. Gráfico de pérdidas del mes de abril de 2010 en todo EM

6.2.4. Indicador de Seguridad:

- Auditoría de Seguridad: a continuación se muestra la auditoría de seguridad conjunta realizada a fecha Abril de 2010. El valor obtenido es de un 85% que aún está por debajo del 87% que es el objetivo marcado por la compañía.

SEGURIDAD						
Etapa	Parametro a Evaluar	10	-50	SI	TOTAL	
EPI's	¿Se llevan puestas las Gafas de Seguridad en todo momento?*	-12,5	1 o más de 1 no llevan	3	4	
	¿Se llevan el resto de Protecciones según la especificación del puesto(CALZADO, TAPONES, GUANTES...)?	10,00	1 o más de 1 no llevan			
		10,00	1 o más de 1 no llevan			
	Total puntos Max 20	-2,50	-2%			
Seguridad en Maquinas y Hts	¿Los dispositivos de Seguridad existentes y las protecciones estan en su lugar y son operativos ?	10	0			
	¿Las Hts. utilizadas son las correctas, se usan de manera correcta, están en buen estado y se evita guardarlas en los bolsillos? (Cuchillos, Buterolas con protección y sin rebabas)	10	1 o más de 1 no lo estan			
	¿Existen recipientes para alojar los distintos tipos de fluidos (taladrinas, aceites, Botes identificados en el puesto de trabajo?	10	Existe y está No existe o no identificado está identificado			
	¿Los cuadros electricos estan cerrados?	10	Todos estan cerrados 1 o más de 1 esta abierto			
	Total puntos Max 40	40	27%			
Normas Generales de Seguridad	Si se dispone de pelo largo, ¿está recogido y se trabaja sin anillos ni reloj?	10	1 operario o más de 1 no lo cumple			
	El almacenamiento de bandejas, ¿respeta las normas de apilamiento y estabilidad? ¿Premontajes apilados?	10	Todos lo cumplen			
	No existen en la zona Palets en mal estado con astillados o con clavos que sean un riesgo para la integridad de los usuarios del puesto	10	Todas los embalajes cumplen de 1 no cumplen			
	¿Los cables y mangueras estan recogidos y/o fuera de las zonas de paso?	10	Todas los embalajes cumplen de 1 no cumplen			
	Total puntos Max 40	40	27%			
Emergencia y Evacuación	En caso de emergencia ¿Se sabe donde esta el punto de reunión, donde esta el extintor más cercano y el telefono que se debe marcar? ¿Se conoce la ubicación del telefono de emergencia?	10	1 o más operarios no conocen algo de la pregunta			
	¿Están libres las zonas de paso y acceso?	10	1 o más de una no lo esta			
		20	13%			
	Total puntos Max 20	20	13%			
Ambiente de Trabajo	¿Existen humos, ruidos, corrientes de aire, etc. en el puesto de trabajo?	10	SI: 10 NO: 0			
	Condiciones del suelo: (Aceite en el suelo por derrames, fugas, manipulacion de piezas, etc)	10	SI: 10 NO: 0			
	Ergonomía: ¿El manejo de cargas, esfuerzos, posturas, etc. es adecuado?	10,00	SI: 10 NO: 0			
	Total puntos Max 30	30	20%			
Calificación Final				128	85%	

Figura 6.7. Auditoría de seguridad a fecha de abril de 2010

6.3. Inversión realizada.

Tanto para la implantación de DPS como para la obtención de todos estos resultados ha sido necesario realizar una inversión que es preciso cuantificar. El retorno de esta inversión está basado tanto en aspectos tangibles y cuantificables como otros intangibles y difíciles de valorar. Es imposible calcular, por ejemplo, cual es la parte proporcional que las 5 'S' aportan a la calidad o la productividad, y sin embargo se ha demostrado lo beneficiosas que son. Hay otros proyectos que se encuentran más acotados y que son más fáciles de cuantificar, donde la inversión, el periodo de retorno y la rentabilidad deben estar perfectamente definidos o fáciles de calcular, como por ejemplo los proyectos de mejora continua.

Lo realmente interesante que supone el cambio de la implantación de un sistema de producción como es el DPS son los resultados generales dentro un departamento y en la fábrica en su conjunto que se obtienen en cuanto a mejoras de calidad, productividad o seguridad en un periodo razonablemente perteneciente al medio o largo plazo. Hay que observar la evolución de todos los indicadores para comprobar la verdadera eficacia de la aplicación de DPS.

No obstante, se ha tenido que invertir mucho dinero en toda la fábrica en cambios destinados a mejoras en la seguridad de las máquinas e instalaciones, adecuación de células y líneas de montaje para la aplicación de 5 'S', automantenimiento o proyectos de mejora continua, cambios procedentes de diferentes análisis de VSM, etc. La complejidad del análisis de todos estos costes podrían ser objeto de otro proyecto por lo cual no se va a tratar en profundidad, aunque lo que si se llevará a cabo será un resumen del tiempo destinado a formar a los operarios así como un breve análisis de costes de los proyectos de mejora continua tratados en este trabajo.

6.3.1. Formación de los operarios.

Como base de cálculo se tomarán los 66 operarios que componen el departamento de engranajes del motor de los cuales se reparten 44 en las 13 células de la zona de mecanizado en verde y 22 en las 7 de rectificado. A continuación se muestran los diferentes apartados en los que recibieron formación y la totalidad de tiempo empleado:

- **DPS:** en primer lugar, se realiza una primera reunión de introducción de DPS a los operarios donde se explica qué supone este cambio, como les afectará a ellos y toda la organización, qué objetivos se marcan, etc. Esta reunión inicial tiene de duración 1 hora y luego se repetirá cada 3 meses para conocer y recordar diferentes aspectos, ver la marcha de la implantación inicial y el mantenimiento de lo establecido, fijar conceptos. En total, 4 reuniones de una hora por todos los operarios, 264 horas.
- **Trabajo en equipo:** una vez tomada la decisión de establecer la organización del trabajo en equipos se tuvo que realizar una primera reunión en la que se explicase las bases de funcionamiento, normas, aplicación práctica, cambios, cálculo del bono, etc. Esta reunión constó de 2 partes de 2 horas cada parte a la cual tuvieron que asistir la totalidad de operarios, por tanto, se emplearon 264 horas. Aparte, se realiza una reunión trimestral de 1 hora de duración en la que explica el bono conseguido, la marcha de los indicadores del equipo, dudas y preguntas, etc. En total, 4 reuniones anuales de una hora de duración por los 66 operarios, 264 horas.
- **Automantenimiento:** para dar formación en este apartado serán necesarias 2 horas repartidas por aspectos teóricos y sobre todo prácticos. En esta se enseñará al operario a revisar y rellenar niveles de diferentes aceites, engrasar, cambiar y limpiar filtros, revisar sensores, etc. En total, 132 horas de formación inicial. Además hay que añadir 5 minutos diarios por célula que deben dedicar para llevar a cabo estas funciones (solo lo realizará el operario que esté de mañana), lo que supone un total de 5 minutos por 208 días laborables por 20 células, en total 340 horas.

- **SPC:** esta formación es muy sencilla ya que en poco menos de media hora el operario conocerá el objetivo del SPC y cómo se realiza. Por tanto, la formación no lleva más de 33 horas. Por otro lado, su realización no implica tiempo adicional ya que está considerado en su tiempo estándar de trabajo.
- **Mejora Continua:** el ciclo de mejora continua trimestral comienza con la primera reunión para seleccionar los proyectos que se llevarán a cabo en este periodo. A esta reunión asisten los operarios de un turno nada más puesto que previamente se han puesto de acuerdo con el resto para proponer una serie de posibles proyectos por cada una de las 4 patas. Su duración será de 1 hora y como asistirán 22 operarios, pues se emplearán 22 horas en total. El segundo paso es el gap análisis en el que se reunirá al menos un representante del equipo en mejora continua o Ci Rep por cada departamento de manera que se emplean 2 horas. Para un adecuado seguimiento, se llevan a cabo reuniones quincenales de quince minutos con un Ci Rep de cada departamento, lo cual equivalen a 3 horas. Para finalizar se lleva a cabo el acto de intercambio de proyectos entre todos los equipos de la fábrica al cual asistirán todos los operarios de la fábrica y el cual durará una hora; en total 66 horas más. En total, el proceso de mejora continua tiene una inversión en tiempo de 93 horas al trimestre y 372 horas anuales.

A continuación se muestra un cuadro resumen de horas productivas empleadas para la puesta en marcha del contenido de este proyecto:

DPS	264 horas
Trabajo en equipo	264 horas
Automantenimiento	472 horas
SPC	33 horas
Mejora continua	372 horas
TOTAL	1405 horas

Si sumamos el tiempo total de horas productivas disponibles anualmente por el conjunto de los operarios de los departamentos de mecanizado en verde y de rectificadoras sería un total de:

$$66 \text{ operarios} * 208 \text{ días laborales} * 8 \text{ horas al día} = 109.824 \text{ horas}$$

Por tanto, la formación equivale un 1,27% de tiempo total. Esta inversión de tiempo queda rápidamente recuperada por las mejoras de productividad y calidad que se producirán.

6.3.2. Inversión en proyectos de mejora continua.

Como se comentaba anteriormente, este proyecto solo ha cogido como ejemplo los 4 proyectos de mejora continua de un trimestre. En este apartado se hará un breve análisis de la inversión realizada y mejoras obtenidas de cada uno de ellos. Lo que se pretende mostrar con estos proyectos es que con poco dinero o tiempo se trata de obtener pequeñas o grandes

mejoras basadas en la experiencia e ingenio de los operarios. A continuación, se muestran las inversiones realizadas por los cuatro proyectos de mejora continua expuestos en este proyecto:

- Entregas: “Reprogramación de puntos del robot entre preparaciones”. En este proyecto fue necesario emplear 3 horas en total en el trabajo de toma de medidas de cada tope mecánico y su fabricación. El coste material de cada tope fue nulo puesto que se utilizaron retales de acero de otros trabajos que iban camino de la chatarra. La mejora de OEE fue de un 2,08% equivalente a unas 10 horas mensuales.
- Calidad: “Scrap generado por problemas de timing-mark”. La solución de este proyecto constó de varios puntos:
 - o Cilindro y sensor nuevo: 249 €
 - o Sistema nuevo de soplado: 21 €
 - o Reprogramación de seguridades por software y tiempo empleado por los otros trabajos: 4 horas.
 - o El ahorro conseguido fue de casi 300 piezas mensuales, lo que equivale a un ahorro aproximado de 1500 euros.
- Eficiencia: “Baja eficiencia en la célula 145 en la referencia R523409”. El tiempo empleado por el ingeniero de producción en la realización de este proyecto fue de 8 horas las cuales se repartieron en el estudio y optimización del programa del torno, reprogramación, puesta a punto y prueba varias. La mejora del tiempo de máquina fue de 2,60 minutos a 2,50 minutos por pieza, lo que se traduce en 5 piezas más por turno o un aumento de la eficiencia del 3,85%.
- Seguridad: “Peligro en zona robotizada por resbalamiento”. En este caso el trabajo subcontratado de instalación de un suelo de tramex antideslizante equivale a 250 euros por metro cuadrado, en una superficie del área robotizada de 9 metros cuadrados, el coste total es de 2250 euros para eliminar este riesgo real.

6.4. Conclusiones y experiencia personal. Trabajos futuros.

El hecho de trabajar en John Deere Ibérica como supervisor de producción y, por tanto, ser responsable directo de todo lo que pasa en mi departamento de Engranajes del Motor, compuesto por las zonas de mecanizado en verde y de rectificado, me ha permitido vivir muy cerca todo el proceso de cambio que ha supuesto la llegada de DPS. Es muy gratificante ver como se van aplicando muchos conceptos de la filosofía Lean Manufacturing que ya en la Universidad se estudiaban y los cambios y mejoras que se van sucediendo. No obstante, el desarrollo e implantación física de todo este proceso ha supuesto una nueva experiencia para mí para la cual he debido actualizar y adquirir algunos conceptos.

El principal cambio que hay que llevar a cabo es el de mentalidad, y para trabajadores que llevan desde 10 hasta 40 años trabajando casi de la misma manera, la resistencia a este cambio es muy grande. Es muy difícil que asimilen y apliquen conceptos a su rutina diaria como la mejora continua, las 5 S, el trabajo en equipo, las hojas de autocontrol de los SPC, etc., y es ahí donde reside lo más arduo de este trabajo. He aprendido que solo a base de constancia y mediante pequeños logros diarios demostrables ante ellos, esta siendo posible este cambio cultural. Es muy importante hacerles ver que su conocimiento del proceso fruto del trabajo diario es muy útil y hay que aprovecharlo para optimizarlo al máximo. Ya no es suficiente con que produzcan muchas piezas de forma individual, sino que ahora deben producir lo que esté planificado en condiciones de seguridad y calidad, y además trabajando en equipo de manera que el trabajo de cada uno de ellos afecta al resto. Ahora los resultados de la marcha del equipo y de la compañía están a la vista de todos y deben ser conscientes y partícipes de ellos para mejorarlos.

Los cambios más evidentes que en mi opinión más impacto han tenido en la fábrica y en nuestra producción son los siguientes:

- Flexibilidad de los equipos de trabajo: el paso de que cada trabajador solo pudiera trabajar en una célula a que sea capaz de trabajar hasta en tres, ha sido un avance decisivo a la hora de adaptarnos a los problemas imprevistos que surgen día a día para conseguir la producción. Averías de larga duración, absentismo, modificación de los pedidos, faltas de material o de herramientas son ejemplos de incidencias ante las cuales es fundamental ser capaces de responder muy rápidamente para poder entregar a tiempo al cliente.

- 5 'S': en una zona de mecanizado tan intensa como es el departamento de engranajes del motor, cuyas células tienen de 4 a 8 máquinas, donde muchas de ellas trabajan con taladrina y aceite de corte con su correspondiente arranque de viruta, donde aún hay mucha manipulación manual, etc., el mantenimiento del orden y sobre todo de la limpieza ha hecho que solo visualmente el cambio haya sido espectacular. Ahora se detectan mejor fugas y derrames, piezas o herramientas fuera de su sitio, fuera de proceso o que son innecesarias, contenedores de materia prima o material terminado que están fuera de su ubicación, etc. Además es curioso ver como el propio operario reconoce que se siente más cómodo trabajando en un ambiente que según la mentalidad anterior debería ser sucio.

- Mejora Continua: ha sido impresionante ver la cantidad de ideas para proponer proyectos de mejora continua que han ido surgiendo por parte de los operarios en cada uno de los trimestres de que consta el ciclo. El sentimiento de propiedad que cada operario tiene de sus máquinas y sus células, hace que haya verdaderamente una gran intención a la hora de buscar mejoras que les hagan el trabajo más fácil, más eficiente o más seguro. En este proyecto solo se ha reflejado el resultado de 4 proyectos de mejora continua relativos a un trimestre y a una célula, pero hay que tener muy en cuenta que a la hora de sumar 4 proyectos más por cada trimestre tanto de la zona de mecanizado en verde y como de la zona de rectificado la mejora producida es realmente considerable y además orientada a problemas muy concretos y muy relacionados con lo que le afecta a la célula o al operario.

- Automantenimiento: con este elemento además de eliminar paradas de máquina por falta de engrase, filtros sucios, falta de aceite hidráulico o de corte, etc, lo cual no es nada desdeñable, destacaría como ahora los operarios conocen mucho mejor sus máquinas, el mayor cuidado que tienen con ellas y, como decía antes, el sentimiento de propiedad de ellas.

También quisiera comentar, a nivel de cambios en la fábrica, la importancia y la relevancia que tienen los resultados derivados del análisis del Mapa de la Cadena de Valor, VSM. En estos momentos, septiembre de 2010, se está finalizando la implantación de las mejoras propuestas por el análisis que figura en este proyecto. Estos cambios en el proceso de fabricación son muy profundos ya que exigen un análisis económico-financiero importante puesto que conlleva la compra de maquinaria y la modificación del lay-out de la unidad productiva donde se lleva a cabo. La compra de nuevas máquinas, instalación, puesta en marcha, capacitación de ingenieros de producción y operarios, debe llevar implícita una planificación y seguimiento del proyecto muy cuidadosa para que no se vean afectadas ni las entregas al cliente ni la calidad, y además se pueda poner en marcha la mejora cuanto antes.

Por último, he de reconocer que para mí ha sido una labor muy beneficiosa y muy formativa a la vez que dura por motivos que comentaba antes de vencer esa resistencia al cambio que casi todos tenemos. Profesionalmente, considero que he salido muy reforzado y con una experiencia adquirida muy útil a la hora de acometer nuevos proyectos de esta índole, así como de seguir mejorando mi departamento. He descubierto, y me ha sorprendido muy gratamente, la creatividad, la iniciativa, las ideas y el ingenio que me han mostrado muchos operarios, tanto jóvenes como veteranos, en cuanto se les ha preguntado acerca de algún problema en concreto de sus células y, sobre todo, en cuanto se les ha dado confianza. Ni que decir tiene el trabajo en equipo no solo está en el taller, sino también en otros departamentos como mantenimiento, utillaje, ingeniería de planta o compras, y sobre todo en mi propio departamento con mis compañeros: ingenieros de producción, ingenieros de calidad, supervisores, compradores, planificadores, mi líder de módulo y mi gerente. Mediante el trabajo en equipo es como se logra mejorar verdaderamente la fábrica.

Como trabajos futuros propondría lo siguiente:

- Acometer un proyecto en profundidad para conseguir cambios rápidos de referencia. Con una célula piloto buscaría modificaciones técnicas y organizativas para conseguir que estos cambios se redujeran todo lo posible. Así buscaría reducir la necesidad de generar demasiado stock de producto terminado.

- En relación con el punto anterior, daría un paso en la polivalencia de los operarios de las células de mecanizado en verde para que sean ellos mismos los que lleven a cabo el cambio de referencia y preparación de sus máquinas, tal y como se hace en las líneas de rectificado, más sencillas. Para ello es necesario un cambio organizativo acerca de las competencias de las funciones a realizar por los trabajadores y un proyecto de formación y capacitación. Actualmente estos trabajos los llevan a cabo unos operarios específicos llamados preparadores, y su disponibilidad supone otra restricción más a la hora de cambiar de referencia.

- Un trabajo futuro, que ya no lo es tanto, es la implantación de las mejoras del proceso de fabricación propuestas por el análisis del VSM. Estas mejoras ya están implantadas y se están poniendo en marcha. El cambio ha supuesto la compra de un torno para el engranaje R504614 (RE508489) y una nueva línea de rectificado con su rectificadora, lavadora, línea de medición y rodaje para la referencia R523409. En esta línea además se aprovechó para rectificar otras dos referencias más que se tenían que subcontratar.

7.BIBLIOGRAFÍA

La referencia básica para la aplicación de DPS en todas las fábricas de John Deere en el mundo es de elaboración propia. La idea de estandarizar este sistema de producción hace que exista una documentación y unos procedimientos comunes para todas las unidades productivas. No obstante, para la realización de este proyecto también se han utilizado referencias ajenas a John Deere que han ayudado para comprender mejor el proceso y objetivos de su implantación. A continuación, se muestran diferentes libros a los que se puede recurrir para consultar diversos aspectos y profundizar más en ellos.

7. Bibliografía

- “Lean Manufacturing Systems and Cell Designs”. J.T. Black y Steve L. Hunter
- “Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda”. Mike Rother and John Shook
- “Análisis y Planeación de la Calidad”. J.M. Juran y F.M. Gryna
- “TPM. Mantenimiento Total de la Producción”. Francisco Rey Sacristán
- “TPM para una fábrica eficiente”. Ken'ichi Sekine y Keisuke Arai
- “Kaizen: La clave de la ventaja competitiva”. Masaki Imai
- “Kaizen Teian: Desarrollo de Sistemas para la mejora continua a través de las propuestas de los empleados”. Nikkan Kogyo Shimbun Ltd.
- “La Meta”. Eliyahu M. Goldratt

8. ANEXOS

En este capítulo figuran los anexos relativos a las hojas de datos mecánicos relativos a las piezas que se han estudiado en este proyecto así como sus planos de fabricación. En las hojas de datos mecánicos (HDM) u hoja de proceso figuran todos los detalles relativos a la fabricación de cada engranaje como herramientas a utilizar, máquina empleada, calibres, medidas, útiles, etc. El operario deberá seguir minuciosamente todas las instrucciones que figuran aquí en su trabajo diario. Además se incluirán los planos de fabricación de cada pieza acabada. Como aclaración, sirva decir que aparecerán el plano de fabricación y las HDM de las referencias R523409, R504614 y RE508489

Anexo I: Plano de fabricación y HDM de la referencia R523409



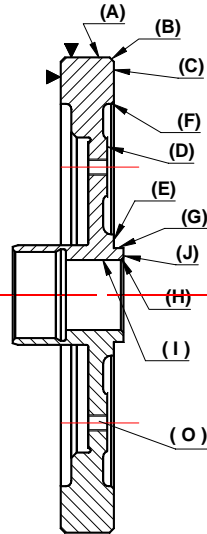
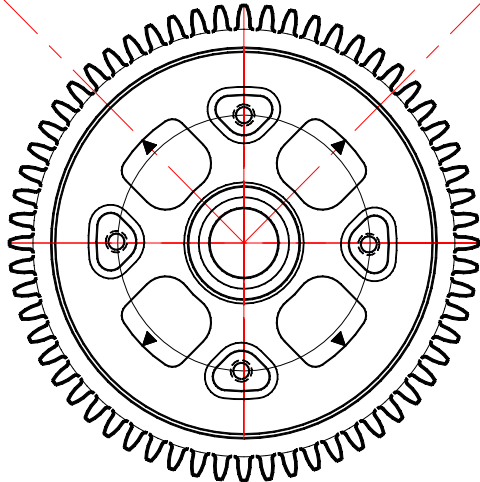
HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 9

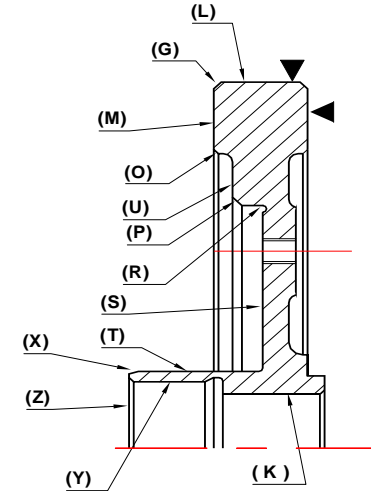
Fecha original	13/12/2005	Por	A. Ramiro	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.	04/07/2008	Por	A. Uceda	Dec./Nivel Dis.	"A"	Máquina N°	1528	Oper. N°	10
Revisión	Cambio operación de roscado de cab dcho. a cab izq.			Material	20MnCr5		Código Maq.	Y-30-16	
Máquina.	TORNO "HESSAPP"			Nombre Pieza	Engranaje del arbol de levas		Producto	Engranajes del motor	
								Subprograma	

CABEZAL IZQUIERDO

CONCENTRICIDAD DE VENTANAS CON Ø EXTERIOR 0.25



CABEZAL DERECHO



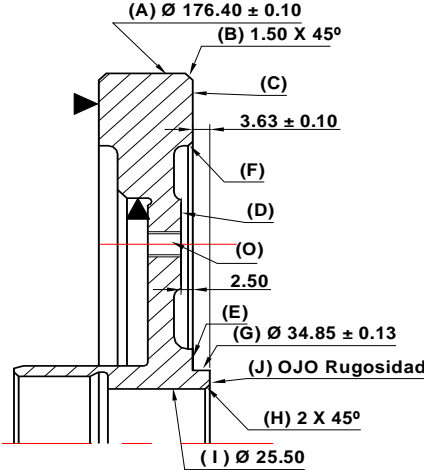
NOTA MUY IMPORTANTE: ESTA OPERACION TIENE QUE SER TORNEADA CENTRANDO POR LAS CUATRO VENTANAS

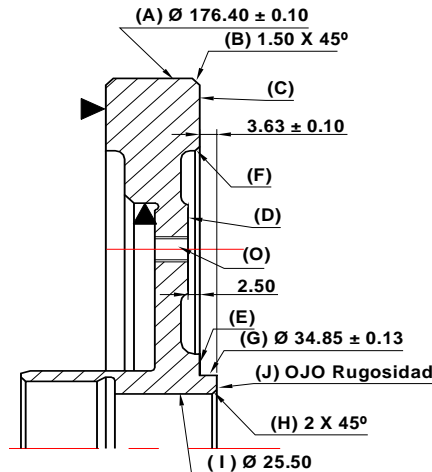
N° de H.ta T Nr.	Posición Torreta	Corrector D Nr.	Descripción del elemento	Tiempo min.	NOTAS: PONER LAS PIEZAS EN EL CARGADOR CON EL CUELLO HACIA ARRIBA LA PIEZA SE ROSCA EN EL CABEZAL 1 DESMONTAR LA HTA 8 DE LA R504614 PARA EVITAR GOLPES EN CABEZAL 1 LA HTA N° 3 DEL CAB. DERECHO N-30-64-15172 SÓLO SE UTILIZA PARA ESTA PIEZA (Comprobar en la preparación que está puesta en torreta 9)	N° de H.ta T Nr.	Posición Torreta	Corrector D Nr.	Descripción del elemento	Tiempo min.
1	1	1	I			1	1	1	P-S ext, Desbaste	
2	3	2	D, Aca - J, Desb - F acab			2	1	2	G-M-Z-X-T-S int, Desbaste	
3	3	3	C (Des)-B-A (Acab)-E-G, (Des)			3	9	3	P-R-U-O, Desbaste	
4	7	4	H, acabado - I, Desbaste			4	9	4	S ext, Acabado	
5	5	5	C, Acabado			6	3	6	G-M-Z-X-T-S int, Acabado	
6	5	6	J-E-G, Acabado			7	3	7	R, Acabado	
8	8	8	Posicionar taladros			5	2	5	Y, Desbaste	
7	10	7	O, Taladrar 4 taladros y avellanarlos			8	7	8	Y-K, Acabado	
12	12	12	O, Roscar 4 taladros			9	6	9	W, Avellanar 4 taladros de M6	
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.				2,60		TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.				2,60



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 2 de 9

Fecha original	13/12/2005	Por	A. Ramiro	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-523409				
Fecha de rev.	04/07/2008	Por	A. Uceda	Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina N°	1528	Oper. N°	10				
Revisión	Cambio operación de roscado de cab. dcho. a cab. Izq.			Material	20MnCr5	Código Maq.	Y-30-16	Programa N°					
Máquina.	TORNO "HESSAPP"			Nombre Pieza	Engranaje del arbol de levas	Producto	Engranaje motor serie200	Subprog. N°					
<div>CABEZAL IZQUIERDO</div> 				Descripción de la operación		Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.			
								F-30-16-16614	Garra Oscilante (Especial)	1			
								F-30-16-16615	Garra Fija (Especial)	1			
				Taladrar (I) a Ø 25		1 / D Nr,1		N-40-27-15107	Broca	1			
						Desbaste	60	N-30-65-15071	Plaquita Periférica	1			
							60	N-30-65-15016 IM147950)	Plaquita Central	1			
				Refrentar (D) a 6,13 de (J) y chaflán (F) de 1x45º en acabado.		2 / D Nr,2		N-30-64-15153	Porta herramientas	1			
				Refrentar (J) en desbaste.			60	N-30-65-15153	Plaquita	1			
				Refrentar (C) a 22,5 mm del apoyo en desbaste. Hacer chaflan (B) de 1,5 x 45º y cilindrar (A) Ø 176,40 ± en acabado.		3 / D Nr,3		N-30-64-15172	Porta herramientas	1			
				Refrentar (E) y cilindrar (G) a Ø 35,85 x 3,13 de (J) en desbaste.		Desbaste	60	N-30-65-15201	Plaquita	1			
				Hacer chaflan (H) de 2 x 45º en acabado y cilindrar (I) a Ø 25,50 en desbaste.		4/ D Nr,4		N-30-82-15082	Mandril de interiores	1			
							60	N-30-65-15093	Plaquita	1			
				Refrentar (C) a 22 mm del apoyo en acabado.		5 / D Nr,5		N-30-64-15172	Porta herramientas	1			
						Acabado	60	N-30-65-15201	Plaquita	1			
				Refrentar (J) con rugosidad de 0,6÷1,2		6 / D Nr,6		N-30-64-15172	Mandril de interiores	1			
				Refrentar (E) a 3,63 ± 0,10 y cilindrar (G) a Ø 34,85 ± 0,13 x 3,63 ± 0,10 de (J) en aca		Acabado	60	N-30-65-15200	Plaquitas	1			
				Centrar pieza por ventanas para taladros		8 / D Nr,8		N-	Hta uña	1			
				Hacer 4 taladros (O) de Ø 5,2 a 90º y avellanar.		7 / D Nr,7	150	N-40-29-15457	Broca de Ø 5,2	1			
								N-27-75-08004 (IM 191811)	Pinza Ø 8 mm	1			
				Roscar 4 taladros M6 (O) a 90º		12/D Nr,12	300	N-40-48-15065	Macho de roscar M6	1			
									recrecido 6HX +0,08				
								N-	Pinza				
								F-85-12-15043	Poka Yoke altura pieza	1			
							1/25	F-49-16-15922	Cal. Herr. Ø 176,40 ± 0,10	1			
							1/25	F-49-26-15468	Cal. Prof. P/ 3,63 ± 0,10	1			
							1/25	F-49-17-16397	Cal. Herr. Ø 34,85 ± 0,13	1			
				Tiempo total máquina por una pieza		2,60							

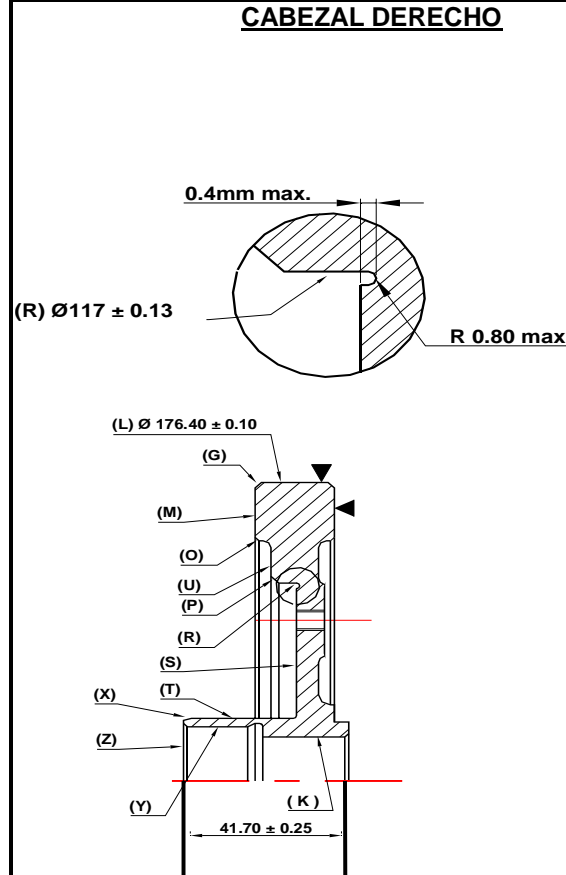




HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 3 de 9

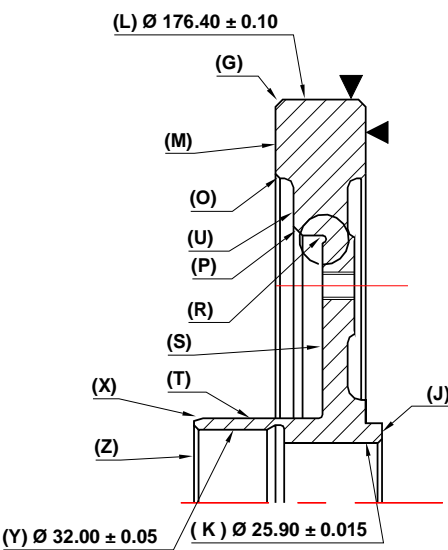
Fecha original	13-12-05	Por	A. Ramiro	Célula Nº	145	Dpto. Nº	914	Pieza Nº	R-523409				
Fecha de rev.	04-07-08	Por	A. Uceda	Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina Nº	1528	Oper. Nº	10				
Revisión	Cambio operación de roscado de cab. dcho a cab. izq.			Material	20MnCr5		Código Maq.	Y-30-16	Programa Nº				
Máquina.	"TORNO HESSAPP"			Nombre Pieza	Engranaje del arbol de levas		Producto	Engranajes de moto	Subprog. Nº				
<div><p>CABEZAL DERECHO</p></div>				Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.				
							F-30-16-16619	Juego de garras blandas	1				
				Hacer chaflan (P) de 2x45º y refrentar (S) ext a 28 de (Z) en desbaste.	1 / D Nr,1 Desbaste	60	N-30-64-15153 N-30-65-15153	Porta herramientas Plaquita	1 1				
				Hacer chaflan (G) de 1,50 X 45º y refrentar (M) a 20,5 de la cara opuesta en desbaste.	2/ D Nr,2 Desbaste	60	N-30-64-15169 N-30-65-15201	Porta herramientas Plaquita	1 1				
				Refrentar (Z) a 42,2 de la cara inferior en desbaste.									
				Hacer chaflan (X) de 2x15º, torne exterior (T) a Ø 38,5 y refrentar (S) int a 28 de (Z) en desbaste.									
				Hacer chaflan (P) de 2x45º en acab.	3 /D Nr,3 Desbaste	60	N-30-64-15172 N-30-65-15201	Porta herramientas Plaquetas	1 1				
				Tornear int. (R) a Ø 116 en desbaste									
				Refrentar (U) a 23 ± 0,06 mm de (Z) y hacer chaflan (O) de 2 X 45º en acab.									
				Refrentar (S) parte exterior a 28,5 ± 0,10 de (Z) en acabado.	4 / D Nr,4 Acabado	60	N-30-31-15951 N-30-66-15151	Porta herramientas Plaquita	1 1				
				Hacer chaflan (G) de 1,50 X 45º y refrentar (M) a 19,875 ± 0,06 mm de la cara opuesta en acabado.	6/ D Nr,6 Acabado	60	N-30-64-15169 N-30-65-15201	Porta herramientas Plaquita	1 1				
				Refrentar (Z) a 41,70 ± 0,06 mm. de la cara inferior.									
				Hacer chaflan (X) de 2x15º, torne exterior (T) a Ø 37,30 ± 0,05 y refrentar (S) parte interior a 28,5 ± 0,10 de (Z) en acabado.									
				Tornear int. (R) a Ø 117, ± 0,13 haciendo forma R de radio 0,8 max en acabado.	7 / D Nr,7 Acabado	60	IM164568 N-30-64-15207 N-30-65-15039	Porta herramientas dchas Plaquita	1 1				
				Tiempo total máquina por una pieza		2,60							





HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 4 de 9

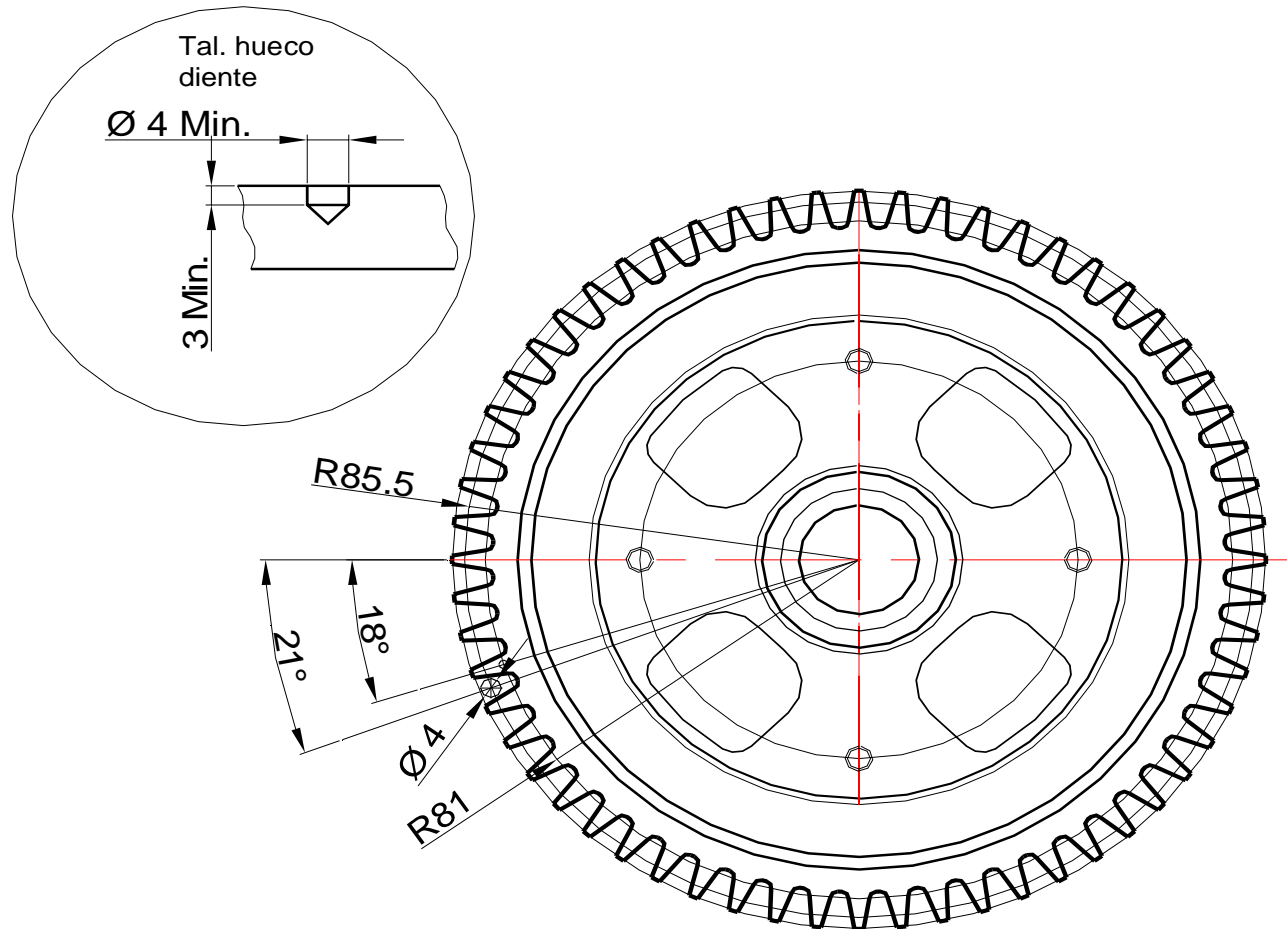
Fecha original	1312/05	Por	A. Ramiro	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.	04-07-08	Por	A. Uceda	Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina N°	1528	Oper. N°	10
Revisión	Cambio operación de roscado de cab. dcho. a cab. izq.			Material	20MnCr5	Código Maq.	Y-30-16	Programa N°	
Máquina.	TORNO "HESSAPP"			Nombre Pieza	Engranaje del arbol de levas	Producto	Engranajes del motor	Subprog. N°	
				Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.
				Cilindrar int. (Y) a 31 hasta 22,2 mm de la cara (J) en desbaste.	5 / D Nr,5 Desbaste	60	N-30-82-15064 N-30-65-15198	Porta herramientas Plaquita	1 1
							N-30-82-15080 (IM 161528)	Porta herramientas	1
						60	N-30-65-15093	Plaquita	1
				Tornear int. (Y) a Ø 32,0 ± 0,05 hasta 21,7 +0,2 -0,1 de la cara (J) y hacer salida de muela en acabado.	8 / D Nr,8 Acabado	60	N-30-82-15266 N-30-65-15206	Mandril interiores Plaquita	1 1
				Tornear (K) a Ø 25,90 ± 0,015 en acabado.					
				Avellanar 4 taladros (W)	9 / D Nr,9	500	IM 127081 N-40-29-15412	Broca MD Ø 4 y mango de Ø8	1
				Taladrar a Ø4 para posicion en talladora y puntear TIMING MARK según croquis en hoja 5 de 9.			N-27-75-08004 (IM 191811)	Pinza Ø 8 mm Altura hta desde porta 39mm	1
				Limar rebabas en las 4 ventanas				Lima	1
						1/25	F-49-16-15922	Cal. Herr. Ø 176,40 ± 0,10	1
						1/25	F-49-16-16074	Cal. Herr. ancho 19,875± 0,06	1
						1/25	F-49-16-15963	Cal. Herr. Ø 37,30 ± 0,05	1
						1/25	F-49-26-15457	Cal. Prof. 28,5 ± 0,10	1
						1/25	F-49-11-17150	Cal. P/NP Ø 117± 0,13	1
				Nota: Comprobar salto en (L-M-S-T-Z) que no debe ser superior a 0,03 mm.		1/25	F-49-26-15493	Cal. Prof. 21,7 + 0,20 -0,1	1
						1/25	F-49-26-15496	Calibre altura 23 ± 0,06	1
							F-49-37-16005	Anillo Tamp. Ø 25,80	1
						1/25	F-49-34-15002/162	Alexometro Ø 25,80	1
						1/25	F-49-28-15474	Cal. verdadera pos. taladros	1
						1/25	F-49-63-15164/007	Calibre de rosca M6	1
						1/25	F-49-31-16614	Plantilla posicion TIMING MARK y taladro Ø 4	1
			F49-66-15019	Banco entre puntos reloj 667	1				
		1/Tur	F-49-22-15300	Mandril para comprobar salto	1				
Tiempo total máquina por una pieza				2,60					



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 5 de 9

Fecha original	05/10/2005	Por	A. Gonzalez		Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.	13/12/05	Por	A. Ramiro		Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina N°	1528	Oper. N°	10
Revisión	Crear proceso nueva pieza			Material	20MnCr5		Código Maq.	Y-30-16	Programa N°	
Máquina.	Torno HESSAP			Nombre Pieza	Eng. Arbol de levas		Producto	Eng. del motor		Subprog. N°





HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 6 de 9

Fecha original	13-12-05	Por	A. Ramiro	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R523409
Fecha de rev.	15-05-07	Por	A. Ramiro	Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina N°	1505	Oper. N°	10
Revisión	Ajustar medidas cordales	Material	20MnCr5	Código Maq.	Y-35-18	Programa N°	-	Subprog. N°	
Máquina.	Talladora vertical CNC "LIEBHER"	Nombre Pieza	Engranaje arbol de levas	Producto	Engranajes del motor				

DATOS DE LA PIEZA

Nº de dientes **60**

Modulo **2,83**

Angulo Helicoidal

Recto ☒

DATOS DE LA FRESA

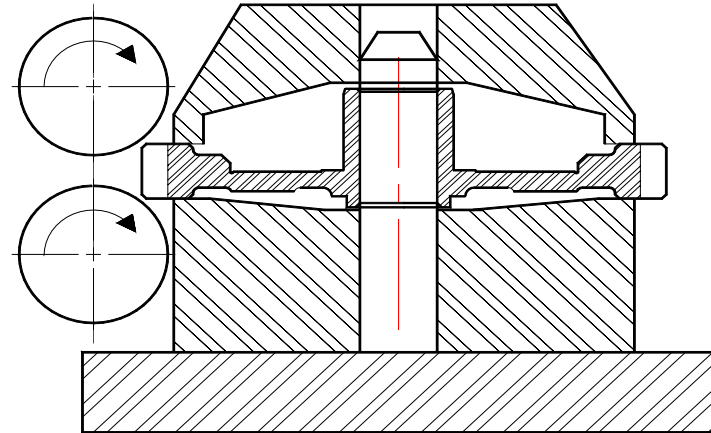
Nº de entradas **1**

Angulo de inclinación

Derecha ☐ Izquierda ☐

Ø De la fresa **90**

Longitud **180**



Tolerancia del calibre F-49-28-15491 ± 0,27

NOTA, Poner la presión en el contra punto, 2,5

Posic. Hta.	Veloc. r.p.m.	Avan. mm/min	Dist. mm.	Descripción del elemento	Tiempo min.	Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.
						Tallar dentado recto Z=60	I		F-35-10-15522	Dispositivo para tallar	1
I	Según programa			Tallar	1,75	con un diente alineado con el eje de los taladros			F-35-10-15522	Dispositivo para rebarbar	1
										Patron centrar util de tallar	1
				Mov. rápidos, carga y descarga de la pieza					F-31-21-15016	Soporte para cambio de fresa	1
									N-35-10-15418	Fresa madre	1
									N-35-30-15407	Eje porta fresas Ø 40	1
						Medida cordal entre (7) dientes:			N-35-13-15002	Disco de rebarbar en tallado	1
									N-27-14-15005	Fresas de rebarbar Ø 6m/m lzq	2
						Máximo = 56,54					
						Mínimo = 56,50		1/25	F-49-35-00022/012	Micrómetro de platillos (50 ÷ 75)	1
								1/25	F-49-28-15491	Calibre relacion diente-eje M6	1
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.					2,20	Poner sensor Ø3mm					



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 7 de 9

Fecha original	13-12-05	Por	A.Ramiro		Célula N°	145	Dpto. N°	Laboratorio de engranajes	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.	13-12-05	Por	A. Ramiro		Dec./Nivel Dis.	A	Máquina N°	1094	Oper. N°	10
Revisión	Crear proceso nueva pieza				Material	20MnCr5	Código Maq.	Y-49-86	Programa N°	
Máquina	Klingelnberg			Nombre Pieza	Engranaje del arbol de levas			Producto	Engranaje del motor	
				Descripción de la operación		Maquina Numero	Maquina Codigo	Htas. o Calibres Numero	Descipcion	Cant.
				Enviar una pieza al laboratorio de engranajes.						
				En cada turno.						
				En la preparacion de maquina.						
				En los cambios de herramienta.						
				donde se comprobara :						
				El perfil y la inclinacion del		Y-49-86	1094	F-49-22-15300	Mandril para la pieza	1
				dentado		Y-49-13	1569	F-49-22-24001/002	Pinza Milvus	1
				El salto de rodaje con engranaje		Y-49-75	1432	F-49-46-15291	Engranaje patron	1
				patron :						
				Salto maximo : (Fr)						
				Talladora = 0,05 m/m						
				Afeitadora = 0,05 m/m						
				Distancia entre centros : (a")				F-49-42-15438	Galga dist. entre centros (93,639)	1
				143,639 mm.					(Solo para V.E. en Y-49-23-839)	
				Talladora = (Aa) (+0,11) y (+0,06)						
				Afeitadora = (Aa) (+0,02) y (-0,02)						
				El salto de rodaje por daños					Mandril para rodar	1
				diente a diente :						
Talladora = (f i) 0,04 mm										
Afeitadora = (f i) 0,04 mm										

Hoja 8 de 9

Hoja 9 de 9

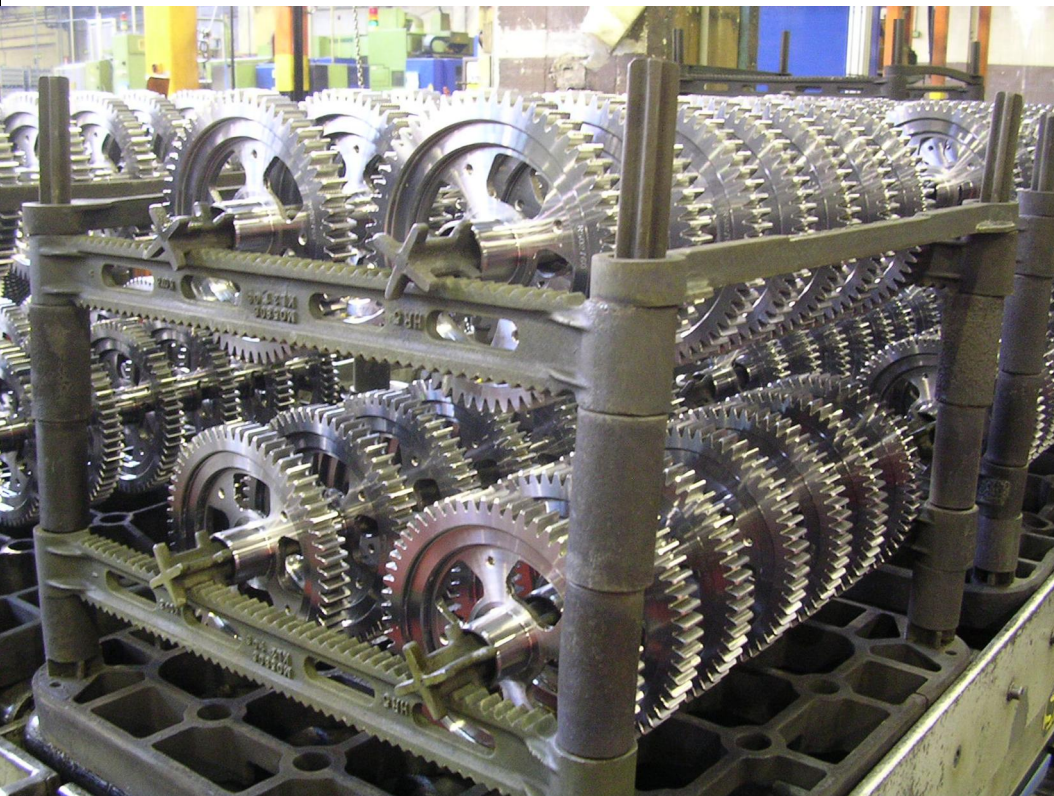
*Proyecto fin de carrera. UC3M.
Enrique Sánchez Rodríguez*



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 2

Fecha original:	09/12/2002	Por:	A. Gonzalez	Célula N°:	HC Holcroft	Dpto. N°:	917	Pieza N°:	R-523409
Fecha revisión:	18/01/2006	Por:	A. Rodriguez	Nivel diseño:	"A"	Máquina N°:	843	Oper. N°:	20
Revisión:	Puntualizar proceso			Material:	JDM-8620	Código Máquina:	Y-57-11	Programa N°:	-
Máquina:	Horno Continuo Holcroft			Nombre Pza:	Engr bomba inyec	Producto:	Piñones del Motor	Subprogr. N°:	-

UTILES QUE FORMAN LA CESTA					Nota: Tratar las piezas con cuidado para no producir golpes				
Pos.	Descripcion	Referencia B57-10	Cantidad	Peso (kg)					
1	Base	32649	1	26					
2	Pies en cruz	32609	4	3					
3	Barras dentadas	32615	4	9					
4	Tirante	32607	2	1,6					
5	Transversal 32	32612	4	6					
6	Casquillo 100	32654	8	2,96					
7									
8									
9									
10									
11									
12									
			Total	48,56					

PIEZAS A CARGAR EN LA CESTA		
Engranajes	N° de piezas por barra/s	7
	N° barras por plano	
	Plano 1 (inferior)	2
	Plano 2	2
	Plano 3	
	Plano 4	0
	Plano 5	0
Ejes/Barras	N° de ejes por plano	
	N° de planos	
N° de cuerpos de la carga (*)		1
N° total de piezas		28
Peso por pieza (kg)		1,865
Peso Cesta (kg)		48,56
Peso Piezas (kg)		52,22
Peso Total (kg)		100,78

(*) Partes iguales en que se divide la carga - En intermitentes generalmente son las 2 mitades de la base, en HC Holcroft es 1, y en HC Ipsen es 1

Hoja 1 de 1

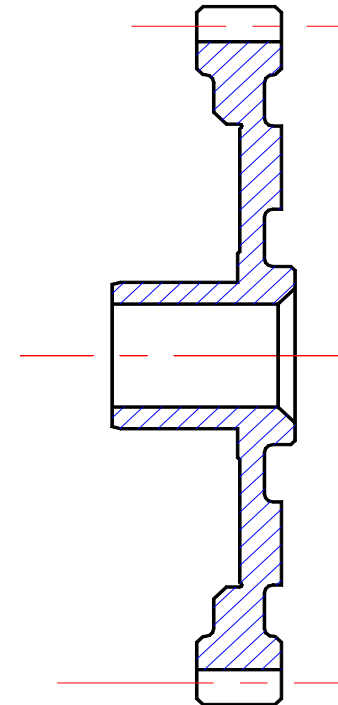
UTILES QUE FORMAN LA CESTA				
Pos.	Descripción	Referencia B57-10	Cantidad	Peso Kg.
1	Parrilla Base	32649	1	24,50
2	Casquillos de 150 MM.	32655	4	3,80
3	Pies en cruz	32609	4	3,20
4	Barras Dentadas	32615	4	6,00
5	Transversales	32610	8	8,00
6	Tirantes	32607	2	1,60
7	Casquillos de 50 MM.		4	1,20
			TOTAL KG.	48,30
PIEZAS				
Nº Piezas Por Barra		8		
Nº de Barras Por Plano		2		
Nº Planos		2		
Nº Piezas		32		
Peso Por Pieza Kg.		2,3		
Peso total piezas Kg.		73,60		
Peso Cesta Kg.		48,30		
Peso total Kg.		121,90		



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 1

Fecha original	09-12-02	Por	A. Gonzalez	Célula N°	-	Dpto. N°	917	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.		Por		Dec./Nivel Dis.	"A"	Máquina N°	843	Oper. N°	30
Revisión				Material	JDM-8620	Código Maq.	Y-57-11	Programa N°	-
Máquina.	Horno Continuo			Nombre Pieza	Engranaje bomba inyeccion	Producto	Piñones del Motor	Subprog. N°	-
	Generador	Horno de cementación			Horno de difusión		Cuba de Temple	Tratamiento Térmico	HT-10T
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2		Capa Efectiva	0,70 +0,25 - 0,15
Temperatura °C	1015	925	925	925	880	820	90	Dureza	HRA 79 MIN.
Caudal Endogas m3/h	60	12	8,5	10	9	8,5	.	Zona Tratada	TODA
Caudal Propano "			0,2	0,1	0,1	0,1			
Caudal Aire "									
Caudal Amoniaco "									
Tiempo parcial min.		T1= 322			T2= 98		T3= 8,3	T4= 1,3	
Caudal Endogas entre Puertas m3/h	8,4								
	Temperatura °C	T5	Tiempos Programables				min.		
Máquina de lavado	60	14	Tiempo Fila 1				-		
Máquina de Aclarado	60	14	Tiempo Fila 2				-		
Máquina de Secado	50	14	Tiempo Patron				13		
			Tiempo Temple				5		
	Temperatura °C	T6	Tiempo Drenaje				1,3		
Horno de Revenido B, T,		78	Tiempo Revenido A.T.				-		
Horno de Revenido A, T,			Tiempo Secado				13		
			Tiempo Lavado por inmersión				3		
			Tiempo Lavado por Chorreo				6		
Tiempo de Espera min.	T7 =	67	Tiempo Aclarado Por inmersión				1		
Tiempo Total Máquina min.		602	Tiempo Aclarado Por Chorreo				1		
Control de los Gases que intervienen en el proceso	CANALES								
	1	2	3	4	5	6			
		H.C. Punto 1	H.C. Punto 2	H.C. Punto 1	H.C. Punto 2	Generador			
% CO2		0,17	0,17	.	.	0,37			
Consigna		350	350	760	760	668			
% CO									
% CH4									
% O2									
% H2									
% CnH2n									
% N2									
Punto de Rocío		-12	-12	-1	1				
Potencial de carbono		1	0,9	0,6	0,6				





pág. 169

[illegible]



HOJA DE DATOS MECANICOS

Fecha original:	09/03/2006	Por:	J.D Robles	Célula N°:	HC Holcroft	Dpto. N°:	916	Pieza N°:	R523409
Fecha revisión:	18/10/2006	Por:	A. Rodriguez	Nivel diseño:	"A"	Máquina N°:	1456	Oper. N°:	50
Revisión:	Puntualizar proceso			Material:	JDM-8620	Código Máquina:	Y-57-11	Programa N°:	-
Máquina:	Chorro Mebusa HC Holcroft			Nombre Pza:	Engr cigüeñal	Producto:	Piñones del Motor	Subprogr. N°:	-

DATOS TÉCNICOS	Descripción de la operación	CROQUIS DE LA ZONA DE TRABAJO
<p>Nº DE PIEZAS POR CAPA: 36</p> <p>Nº DE CAPAS: 5</p> <p>Nº TOTAL DE PIEZAS : 180</p> <p>TIEMPO DE CHORREO (min): 5</p> <p>TMP. DESPLAZAMIENTO (min): 3,75</p> <p>NUMERO DE CICLOS: 1</p> <p>PESO DE PIEZA: 1,86 Kg</p> <p>PESO TOTAL DE PIEZAS: 334 Kg</p> <p>PESO MAXIMO DE LA CARGA: 500 Kg</p> <p>TIPO DE GANCHO:</p> <p>Engranaje hasta 50 m/m de ancho</p> <p>CARGAR PIEZAS DE 2 EN 2</p> <p>Nº DE PIEZAS POR CESTA 66</p>	<p>Chorrear 180 piezas.</p>	



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 1

Fecha original	09-12-02	Por	A. Gonzalez	Célula N°	916	Dpto. N°	916	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.		Por		Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina N°	1304	Oper. N°	50
Revisión				Material	JDM-8620	Código Maq.	Y-66-10	Programa N°	-
Máquina.	Chorro de granalla			Nombre Pieza	Engranaje bomba inyeccion		Producto	Piñones Motor	

DATOS TECNICOS		Descripción de la operación	CROQUIS DE LA ZONA DE TRABAJO
Nº DE PIEZAS POR CAPA:	24	CHORREAR (72) Pzas	
Nº DE CAPAS:	3		
Nº TOTAL DE PIEZAS :	72		
TIEMPO DE CICLO:	6	Min.	
NUMERO DE CICLOS:	1		
PESO DE PIEZA:	2,3		
PESO TOTAL DE PIEZAS:	166	Kgs	
PESO MAXIMO DE LA CARGA:	1000		
TIPO DE GANCHO:	3 Plataformas		
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR CARGA.	6,00	Min	



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja de

Fecha original	01/06/2003	Por	J. D. Robles	Célula N°	916	Dpto. N°	916	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.		Por		Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina N°	1456	Oper. N°	50
Revisión				Material		Código Maq.	Y-66-15	Programa N°	-
Máquina.	Chorro de granalla			Nombre Pieza	Engranaje	Producto		Subprog. N°	-
DATOS TECNICOS				Descripción de la operación		CROQUIS DE LA ZONA DE TRABAJO			
N° DE PIEZAS POR CAPA: 24				CHORREAR (120)Pzas.					
N° DE CAPAS: 5									
N° TOTAL DE PIEZAS : 120									
TIEMPO DE CHORREO: 5 Min.									
TIEMPO DESPLAZAMIENTO: 3,75 Min.									
NUMERO DE CICLOS: 1									
PESO DE PIEZA: 2,3									
PESO TOTAL DE PIEZAS: 276 Kgs									
PESO MAXIMO DE LA CARGA: 500									
TIPO DE GANCHO: Engranaje hasta 50 m/m de ancho									
CARGAR PIEZAS DE 2 EN 2									
N° DE PIEZAS POR CESTA 66									
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR CARGA. 8,75 Min									



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 3

Fecha original		14-9-10		Por	Luna	Célula N°	Linea 8	Dpto. N°	923	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.		Por				Dec./Nivel dis.	"A"	Máquina N°	1686	Oper. N°	70
Revisión				Material		JDM-8620		Código Maq.	Y-20-23	Program 2 caras	
Máquina.		Rectificadora Overbeck IEC410-VA		Nombre Pieza		Engranaje del arbol de levas		Producto		Engranajes del motor	
PROGRAMA PZA. R 523409											
R-523409 PROGRAMA PZA. CUELLO											
R-523409 PROGRAMA PZA. Ø INTERIOR											
R-523409 PROGRAMA PZA. CARA TRASERA											
R.P.M. Muela interiores 12.000											
R.P.M. Muela exteriores 1.435											
Creces Ø int. 0,35 Creces Frent. 0,15											
Rugosidad Ra Ext. 0,25 Frente 0,6-1,2											
</											



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 2 de 3

Fecha original	14-9-10	Por	Luna	Célula N°	Dpto. N°	Laboratorio de engranajes	Pieza N°	R-523409
Fecha de rev.		Por		Dec./Nivel Dis.	A	Máquina N°	1094	Oper. N°
Revisión				Material	20MnCr5	Código Maq.	Y-49-86	Programa N°
Máquina	Klingelberg	Nombre Pieza	Engranaje del árbol de levas			Producto	Engranaje del motor	
				Subprog. N°				

Descripción de la operación	Maquina Numero	Maquina Codigo	Htas. o Calibres Numero	Descipcion	Cant.
Enviar una pieza al laboratorio de engranajes.					
En cada turno.					
En la preparacion de maquina.					
En los cambios de herramienta.					
donde se comprobara :					
El perfil y la inclinacion del	Y-49-86	1094	F-49-22-15300	Mandril para la pieza	1
dentado	Y-49-13	1569	F-49-22-24001/002	Pinza Milvus	1
El salto de rodaje con engranaje	Y-49-75	1432	F-49-46-15291	Engranaje patron	1
patron :					
Salto maximo : (Fr)					
Acabada = 0,11 m/m					
Distancia entre centros : (a")			F-49-42-15438	Galga dist. entre centros (93,639)	1
143,639 mm.				(Solo para V.E. en Y-49-23-839)	
Acabada = (Aa) (+0,02) y (-0,02)					
El salto de rodaje por daños				Mandril para rodar	1
diente a diente :					
Acabada = (fi) 0,08 mm					



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 3 de 3

Fecha original	10/09/2010	Por	Luna		Célula Nº	Linea 8	Dpto. Nº	923	Pieza Nº	R-523409
Fecha de rev.		Por			Dec./Nivel dis.	A	Máquina Nº	1687	Oper. Nº	70
Revisión					Material	JDM-8620	Código Maq.	Y-62-17	Programa Nº	
Máquina	Lavadora - Rodadora de engranajes				Nombre Pieza	Engr. Arbol de levas	Producto	Piñones del motor	Subprog. Nº	

Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.
1ª FASE					
Lavar piezas y secar con aire					
2ª FASE					
Rodaje agresivo				Casquillo soporte para pieza	1
3ª FASE					
Control del diametro interior				Casquillo soporte para pieza	1
			F49-31-16129/111	Columna electrónica	1
4ª FASE			F49-11-17271	Tampon electrónico	1
			F-49-37-16109	Anillo patron Ø 26,026	1
Rodar pieza con engranaje patron , controlando :			F-49-38-15689	Contracalibre Ø 37,004	
Salto de rodaje 0,11 mm max.				Casquillo soporte para pieza	1
Salto de Rodaje por daños diente a diente 0,08 max.				Engranaje patron	1
REPROCESO POR GOLPES					
- Rodar manualmente para detectar el golpe.				Mandril para rodar pieza	1
- Eliminarlo con lima.				Mandril para patrón	1
- Rodar manualmente para validarlo.				Lima de diamante	1
				Rodadora manual.	1
				Engranaje patron	1
salto máximo por golpe: 0,08 mm.					
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.					



HOJA DE DATOS MECANICOS

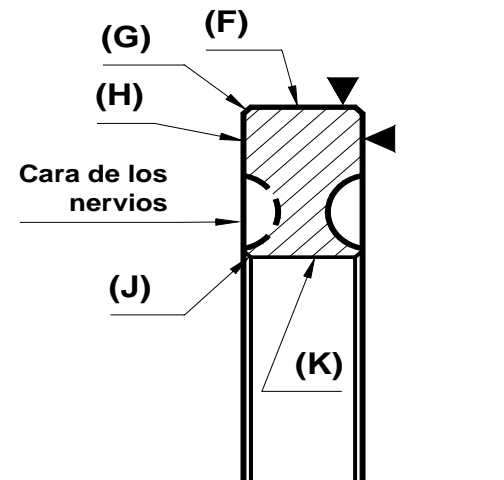
Hoja 1 de 1

Fecha original	14-09-10	Por	Luna	Célula Nº	Linea 8	Dpto. Nº	923	Pieza Nº	R-523409
Fecha de rev.		Por		Dec./Nivel dis.	A	Máquina Nº	1686	Oper. Nº	80
Revisión				Material	JDM-8620 o 20MnCr5	Código Maq.	y-20-23	Programa Nº	
Máquina		Nombre Pieza	Engranaje arbol de levas	Producto	Engranaje del motor	Subprog. Nº			
				Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.
BANCO DE EMBALAR									
REFERENCIA DEL CONTENEDOR	RCG-25			Comprobar visualmente que en el					
DIMENSIONES DEL CONTENEDOR	80x76x86 cm			contenedor no existe ni humedad	I				
				ni ningun elemento que pueda					
NÚMERO DE PIEZAS POR CONTENEDOR	284			dañar la bolsa.					
NÚMERO DE CAPAS	9 + EXTRA			Embalar piezas colocadas en	II				
NÚMERO DE PIEZAS POR CAPA	30			posicion horizontal, solapadas.					
NÚMERO DE PIEZAS EXTRA (ÚLTIMA CAPA)	14								
NÚMERO DE FILAS POR CAPA	5								
NÚMERO DE PIEZAS POR FILA	6			Flejar el contenedor de piezas	III				
				para sellar la parte superior					
Tiempo total máquina por una pieza									

Anexo II: Plano de fabricación y HDM de la referencia R504614

Hoja 1 de 7

CABEZAL IZQUIERDO



Nº de H.ta T Nr.	Posicion Torreta	Corrector D Nr,	Descripción del elemento	Tiempo min.
3	9	3	H interior Desbaste	
3	9	3	H exterior Acabado	
6	3	6	G-H int-F Acabado	
12	4	12	J-K Acabado	
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.				1.15

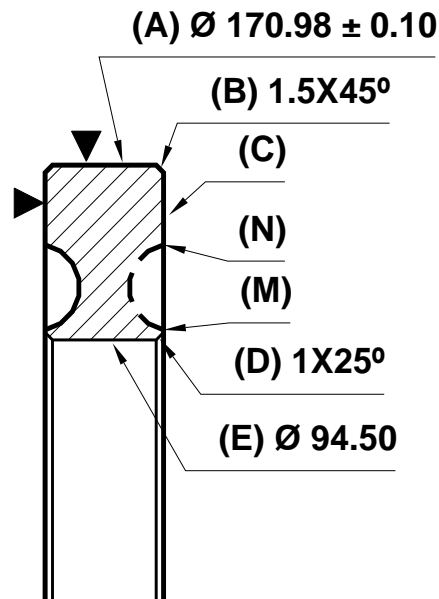


HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 2 de 7

Fecha original	01-06-02	Por	A. Gonzalez	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-504614
Fecha de rev.	18-02-08	Por	A. Ramiro	Dec./Nivel dis.	F	Máquina N°	1528	Oper. N°	10
Revisión	Cambio de material			Material	JDM-8620 o 20Mn Cr5	Código Maq.	Y-30-16	Programa N°	-
Máquina.	TORNO "HESSAPP"			Nombre Pieza	Engranaje intermedio	Producto	Engranajes del motor	Subprog. N°	-

CABEZAL IZQUIERDO		Posición	Vida	Htas. o Calibres	Htas. o Calibres		
Descripción de la operación	Hta.	Pzas.	Número	Descripción	Cant.		
			F-30-16-16620	Garra Fija (Especial)	1		
			F-30-16-16621	Garra Movil (Especial)	1		
Hacer chaflan (B) de 1,5 X 45°	3 / D Nr,3		N-30-64-15172	Porta herramientas	1		
	Desbaste	120	N-30-65-15201	Plaquita	1		
Refrentar (C) 25,50 mm del apoyo	"						
	"						
Cilindrar exterior (A) a Ø 170,98 ± 0,10	"						
	"						
Matar aristas (M) y (N)	2 / D Nr,2		N-30-64-15153	Porta herramientas	1		
		120	N-30-65-15153	Plaquita	1		
Hacer chaflan (B) de 1,5 X 45°	5 / D Nr,5		N-30-64-15172	Porta herramientas	1		
	Acabado	120	N-30-65-15199	Plaquita	1		
Refrentar (C) 25,50 mm del apoyo	"						
	"						
Cilindrar exterior (A) a Ø 170,98 ± 0,10	"						
	"						
Hacer chaflan (D) a 1,00 X 25°	8 / D Nr,8		N-30-82-15403	Mandril	1		
	Desbaste	120	N-30-65-15379	Plaquita	1		
Tornear interior (E) a Ø 94,50	"						
	"						
	(A)	1/25	F-49-16-15986	Cal. Herr. Ø 170,98 ± 0,10	1		
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.	1,15						





HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 3 de 7

Fecha original	01-06-02	Por	A. Gonzalez	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-504614
Fecha de rev.	18-02-08	Por	A. Ramiro	Dec./Nivel dis.	F	Máquina N°	1528	Oper. N°	10
Revisión	Cambio de material			Material	JDM-8620 o 20Mn Cr5	Código Maq.	Y-30-16	Programa N°	-
Máquina.	TORNO "HESSAPP"			Nombre Pieza	Engranaje intermedio	Producto	Engranajes del motor	Subprog. N°	-

<div>CABEZAL DERECHO</div> <div><p>(F) Ø 170.98 ± 0.10</p><p>(G) 1.5X45°</p><p>(H)</p><p>(J) 1X25°</p><p>24.3 ± 0.05</p><p>(K) Ø 95.57 +0.05+0.07</p></div>		Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.	
					F-30-16-16622	Juego de garras blandas	1	
		Refrentar interior (H) hasta Ø 142 a 24,75 del apoyo	3 / D Nr.3 Desbaste	60	N-30-64-15172 N-30-65-15201	Porta herramientas Plaquita	1 1	
		Refrentar exterior (H) desde Ø136 a 24,30 ± 0,05 mm del apoyo .	3 / D Nr.3 Acabado	-	N-30-64-15172 N-30-65-15201	Porta herramientas Plaquita	1 1	
		Hacer chaflan (G) de 1,5 X 45° y cilindrar Exterior (F) a Ø 170,98 ± 0,10 .	6 / D Nr.6 Acabado	120	N-30-64-15169 N-30-65-15199	Porta herramientas Plaquita	1 1	
		Refrentar interior (H) desde Ø138 a 24,30± 0,05 mm del apoyo	6 / D Nr.6 Acabado	-	N-30-64-15169 N-30-65-15199	Porta herramientas Plaquita	1 1	
		Hacer chaflan (J) de 1 X 25° y cilindrar interior (K) a Ø 95,57 +0,05 +0,07	12/D Nr,12 Acabado	120	N-30-82-15403 N-30-65-15375	Mandril Plaquita	2 1	
				1/25	F-49-16-15986	Cal. Herr. Ø 170,98 ± 0,10	1	
				1/25	F-49-16-15988	Cal. Herr. Ancho 24,30 ± 0,0	1	
		Nota: Comprobar salto en (A-C-H-F) que no debe ser superior a 0,03 mm.		1/25	F-49-34-15006/002 F-49-37-16022	Alexometro para Ø 95,57 Anillo patrón Ø 95,57	1 1	
				1/Tur	F-49-22-15304	Mandril para comprobar salto	1	
					F-49-66-15019	Banco de rodar con reloj 667	1	

TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.	1,15
-----------------------------------	------



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 4 de 7

Fecha original	01-06-02	Por	A. Gonzalez	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-504614
Fecha de rev.	18-02-08	Por	A. Ramiro	Dec./Nivel dis.	F	Máquina N°	1505	Oper. N°	10
Revisión	Cambio de material			Material	JDM-8620 o 20Mn Cr5	Código Maq.	Y-35-18	Programa N°	-
Máquina.	Talladora vertical CNC "LIEBHER"			Nombre Pieza	Engranaje intermedio superior	Producto	Engranajes del motor	Subprog. N°	

DATOS DE LA PIEZA:

N° de dientes 60

Modulo 2,65

Angulo Helicoidal 16° Dch

DATOS DE LA FRESA:

N° de entradas 2

Angulo de inclinación 3,7°

Derecha ☒ Izquierda ☐

Ø De la fresa 90

Longitud 162

Muy importante

Nota: De talladora tiene que salir la pieza con los 144,73° desde el centro del nervio señalado al hueco del diente indicado según el croquis adjunto.

Tolerancia del calibre F-49-31-16566 ± 0,30

NOTA. Poner presion contrapunto, 4,0

Posic. Hta.	Veloc. r.p.m.	Avan. mm/min	Dist. mm.	Descripción del elemento	Tiempo min.	Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.
I	260	2	24,3	Tallar	1,6	Tallar dentado helicoidal Z=60 a 144,73° del centro del nervio	I		F-35-10-15511	Dispositivo tallado / rebarbado	1
										Patron centrar util de tallar	1
Mov. rápidos, carga y descarga de la pieza									N-35-10-15422	Fresa madre	1
									N-35-30-15407	Eje porta fresas Ø 40	1
									F-31-21-15016	Soporte cambio de fresa	1
						Medida cordal entre (5) dientes:			N-35-13-15002	Disco de rebarbar el tallado	1
						Máximo = 37,06			N-27-14-15005	Fresa de rebarbar Ø 6m/m Izq	2
						Mínimo = 37,03					
						Poner sensor Ø8		1/25	F-49-35-00021/028	Micrómetro de platillos 25 ÷ 50	1
								1/15	F-49-31-16566	Cal. rel. nervio-diente reloj N° 72	1
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.					1,60						



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 5 de 7

Fecha original	01-06-02	Por	A.Gonzalez	Célula N°	145	Dpto. N°	Laboratorio de engranajes	Pieza N°	R-504614
Fecha de rev.	18-02-08	Por	A. Ramiro	Dec./Nivel Dis.	F	Máquina N°	1094	Oper. N°	10
Revisión	Camibo de material			Material	JDM-8620 o 20Mn Cr5	Código Maq.	Y-49-86	Programa N°	
Máquina	Klingelnberg			Nombre Pieza	Eng. intermedio superior	Producto	Engranaje del motor	Subprog. N°	

Descripción de la operación	Máquina Numero	Máquina Codigo	Htas. o Calibres Numero	Htas. o Calibres Descipcion	Cant.
Enviar una pieza al laboratorio de engranajes.					
En cada turno.					
En la preparacion de maquina.					
En los cambios de herramienta.					
donde se comprobara :					
El perfil y la inclinacion del	Y-49-86	1094	F-49-22-15304	Mandril para la pieza o	1
dentado	Y-49-13	1569		pinza para pieza	
El salto de rodaje con engranaje	Y-49-75	1432			
patron :					
Salto maximo : (Fr)			F-49-46-15310	Engranaje patron	
Talladora =0,12 m/m					
Afeitadora =0,05 m/m					
Distancia entre centros : (a")			F-49-42-15	Galga de distancia entre centros	1
140,821				(Solo para V.E. en Y-49-23-839)	
Talladora = (Aa) (+0,10) y (+0,14)					
Afeitadora = (Aa) (+0,02) y (-0,02)					
El salto de rodaje por daños					
diente a diente :					
Talladora = (f i) 0,036					
Afeitadora = (f i) 0,036					



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 6 de 7

Fecha original	01/06/2002	Por	A. Gonzalez	Célula N°	145	Dpto. N°	914	Pieza N°	R-504614																																																																																																
Fecha de rev.	18/02/2008	Por	A. Ramiro	Dec./Nivel dis.	F	Máquina N°	517	Oper. N°	10																																																																																																
Revisión	Cambio de material			Material	JDM-8620 o 20Mn Cr5		Código Maq.	Y-35-18																																																																																																	
Máquina.	Afeitadora de engranajes HURTH			Nombre Pieza	Engranaje intermedio		Producto	Engranajes del motor																																																																																																	
DATOS DE LA PIEZA																																																																																																									
N° de dientes	60	Módulo	2,65	ANG. HÉLICE	16°																																																																																																				
Método de afeitado																																																																																																									
Underpass		Paralelo		Diagonal	X																																																																																																				
Graduación de ángulos																																																																																																									
Angulo de cruce en el disco		Der.		Izq.																																																																																																					
Angulo diagonal de la mesa	15°	Der.		Izq.																																																																																																					
Angulo de baliza.																																																																																																									
Angulo de presión																																																																																																									
DATOS DE MECANIZADO																																																																																																									
R.P.M.	140	Ruedas	Z1	44	Z2	40																																																																																																			
Avance	75	mm/min.	Ruedas	Z1	24	Z2	75	Z3	62																																																																																																
Recorridos	18	mm	Izq.	9	mm	Der.	9	mm																																																																																																	
Posición de las espigas					N° DE CICLOS																																																																																																				
0	0	0	0	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10																																																																																																
0	0	0	0	0	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20																																																																																																
X	X	X	X	X																																																																																																					
DATOS DEL DISCO AFEITADOR																																																																																																									
N° de dientes		Ancho de disco b		Angulo de hélice																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posic. Hta.</th> <th>Veloc. r.p.m.</th> <th>Avan. mm/min.</th> <th>Dist. mm.</th> <th>Descripción del elemento</th> <th>Tiempo Min.</th> <th>Descripcion de la operación</th> <th>Posic. Hta.</th> <th>Vida Pzas</th> <th>Htas o calibre Numero</th> <th>Htas o Calibres Descripcion</th> <th>Cant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>140</td> <td>75</td> <td>24,3</td> <td>Afeitar</td> <td>0,80</td> <td>Afeitar dentado helicoidal</td> <td>I</td> <td></td> <td>F-35-13-15291</td> <td>Mandriles para afeitar en automatico</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Medida cordal entre (5) dientes:</td> <td></td> <td></td> <td>N-35-14-15665</td> <td>Disco afeitador</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Máxima = 37,02</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Mínima = 36,98</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1/25</td> <td>F-49-35-00021/028</td> <td>Micro platillos 25 ÷ 50</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td colspan="6"> TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PIEZA </td> <td>0,80</td> <td colspan="2"> NOTA:TM Ciclo del Robot </td> <td>1,60</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Posic. Hta.	Veloc. r.p.m.	Avan. mm/min.	Dist. mm.	Descripción del elemento	Tiempo Min.	Descripcion de la operación	Posic. Hta.	Vida Pzas	Htas o calibre Numero	Htas o Calibres Descripcion	Cant	I	140	75	24,3	Afeitar	0,80	Afeitar dentado helicoidal	I		F-35-13-15291	Mandriles para afeitar en automatico	1							Medida cordal entre (5) dientes:			N-35-14-15665	Disco afeitador	1							Máxima = 37,02												Mínima = 36,98																										1/25	F-49-35-00021/028	Micro platillos 25 ÷ 50	1	TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PIEZA						0,80	NOTA:TM Ciclo del Robot		1,60		
Posic. Hta.	Veloc. r.p.m.	Avan. mm/min.	Dist. mm.	Descripción del elemento	Tiempo Min.	Descripcion de la operación	Posic. Hta.	Vida Pzas	Htas o calibre Numero	Htas o Calibres Descripcion	Cant																																																																																														
I	140	75	24,3	Afeitar	0,80	Afeitar dentado helicoidal	I		F-35-13-15291	Mandriles para afeitar en automatico	1																																																																																														
						Medida cordal entre (5) dientes:			N-35-14-15665	Disco afeitador	1																																																																																														
						Máxima = 37,02																																																																																																			
						Mínima = 36,98																																																																																																			
								1/25	F-49-35-00021/028	Micro platillos 25 ÷ 50	1																																																																																														
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PIEZA						0,80	NOTA:TM Ciclo del Robot		1,60																																																																																																

Hoja 7 de 7

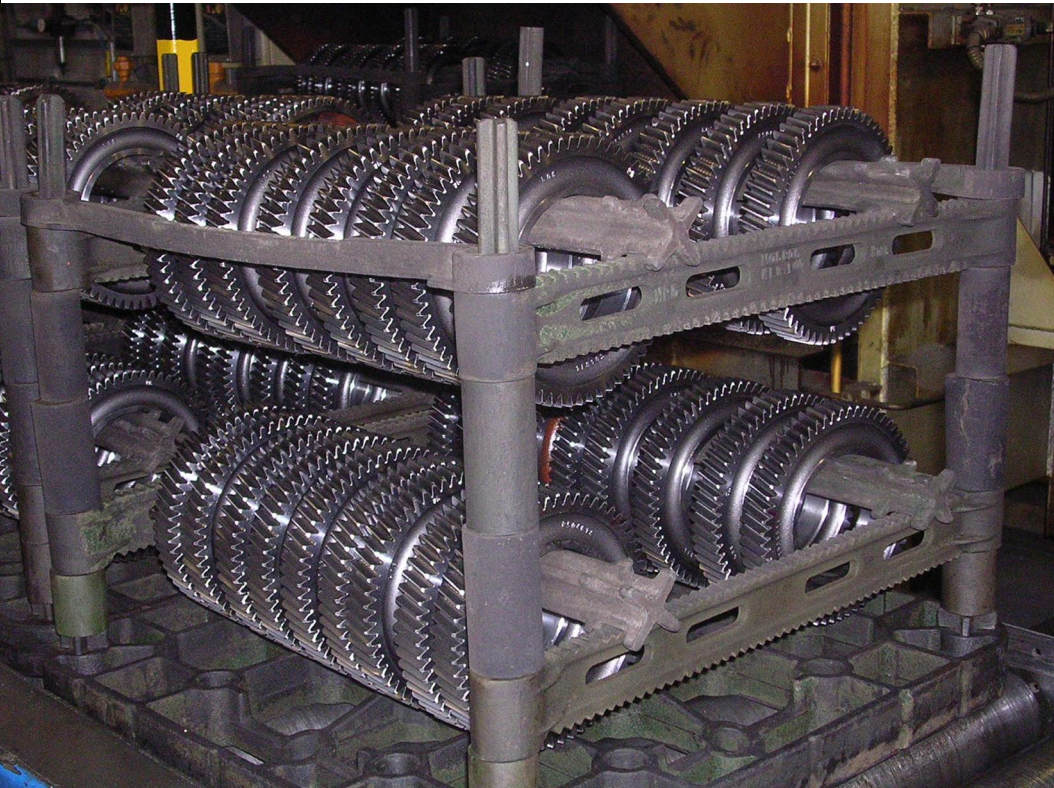
*Proyecto fin de carrera. UC3M.
Enrique Sánchez Rodríguez*



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 2

Fecha original:	01/06/2002	Por:	A. Gonzalez	Célula N°:	HC Holcroft	Dpto. N°:	917	Pieza N°:	R-504614
Fecha revisión:	11/03/2008	Por:	A. Rodriguez	Nivel diseño:	"F"	Máquina N°:	843	Oper. N°:	40
Revisión:	Cambio de material			Material:	JDM-8620 o 20MnCr5	Código Máquina:	Y-57-11	Programa N°:	-
Máquina:	Horno Continuo Holcroft			Nombre Pza:	Engr intermedio	Producto:	Piñones del Motor	Subprogr. N°:	-

UTILES QUE FORMAN LA CESTA					Nota: Tratar las piezas con cuidado para no producir golpes				
Pos.	Descripcion	Referencia B57-10	Cantidad	Peso (kg)					
1	Base	32649	1	26					
2	Parrilla	31341	1	7					
3	Barras dentadas	32615	4	9					
4	Tirante	32607	2	1,6					
5	Transversal 25	32611	8	8,8					
6	Casquillo 80	32653	4	1,2					
7	Casquillo 50	32652	4	0,8					
8	Pies en cruz	32609	4	3					
9									
10									
11									
12									
			Total	57,4					

PIEZAS A CARGAR EN LA CESTA			
Engranajes	N° de piezas por barra/s	8	
	N° barras por plano		
	Plano 1 (inferior)		2
	Plano 2		2
	Plano 3		0
	Plano 4		0
	Plano 5		0
Ejes/Barras	N° de ejes por plano		
	N° de planos		
N° de cuerpos de la carga (*)		1	
N° total de piezas		32	
Peso por pieza (kg)		2,11	
Peso Cesta (kg)		57,4	
Peso Piezas (kg)		67,52	
Peso Total (kg)		124,92	

(*) Partes iguales en que se divide la carga - En intermitentes generalmente son las 2 mitades de la base, en HC Holcroft es 1, y en HC Ipsen es 1



HOJA DE DATOS MECANICOS

Fecha original:	01/06/2002	Por:	A. Gonzalez	Célula N°:	HC Holcroft	Dpto. N°:	916	Pieza N°:	R-504614
Fecha revisión:	11/03/2008	Por:	A. Rodriguez	Nivel diseño:	"F"	Máquina N°:	1456	Oper. N°:	60
Revisión:	Cambio de material			Material:	JDM-8620 o 20MnCr5	Código Máquina:	Y-57-11	Programa N°:	-
Máquina:	Chorro Mebusa HC Holcroft			Nombre Pza:	Engr intermedio	Producto:	Piñones del Motor	Subprogr. N°:	-

DATOS TÉCNICOS	Descripción de la operación	CROQUIS DE LA ZONA DE TRABAJO
<p>Nº DE PIEZAS POR CAPA: 30</p> <p>Nº DE CAPAS: 5</p> <p>Nº TOTAL DE PIEZAS : 150</p> <p>TIEMPO DE CHORREO (min): 5</p> <p>TMP. DESPLAZAMIENTO (min): 3,75</p> <p>NUMERO DE CICLOS: 1</p> <p>PESO DE PIEZA: 2,11 Kg</p> <p>PESO TOTAL DE PIEZAS: 316 Kg</p> <p>PESO MAXIMO DE LA CARGA: 500 Kg</p> <p>TIPO DE GANCHO:</p> <p>Engranaje hasta 50 m/m de ancho</p> <p>CARGAR PIEZAS DE 2 EN 2</p> <p>Nº DE PIEZAS POR CESTA N/A</p>	<p>Chorrear 150 piezas.</p>	



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 3

Fecha original	27-7-07	Por	Jiménez	Célula N°		Dpto. N°	923	Pieza N°	R-504614
Fecha de rev.	10-3-08	Por	Luna	Dec./Nivel dis.	"F"	Máquina N°	1560	Oper. N°	70
Revisión	Cambio de material			Material	JDM-8620 o 20Mn Cr5	Código Maq.	Y-20-20	Program 2 caras	R 504614
Máquina.	Rectificadora Overbeck IEC410-VA			Nombre Pieza	Engranaje intermedio superior	Producto	Engranajes del motor		

PROGRAMA PZA. DOS CARAS R 504614

R.P.M. Muela interiores	12000
R.P.M. Muela exteriores	32ms.
Creces Ø int. 0,35 Creces Frent. 0,1	
Rugosidad R.M.S. Int. 128÷63 Frente 63	

Ø 95.879 ± 0.013 Y 128 ÷ 63 RMS

Posic. Hta.	Veloc. r.p.m.	Avan. mm/mim.	Dist. mm.	Descripción del elemento	Tiempo min.
I	120	1	0,35	Rec.Desbaste	-
I	120	0,6	0,13	Rec.Desbaste	-
	120	0,15	0,02	Rec. Acabado	-
I	180	0,6/0,3	0,8	Rec. Frente	1,4
Rápidos posicionados y ciclos de cargador					0,52
Diamantado muela exterior 1/4					0,03
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.					1,95

Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.	
Rectificar interior a	I		F-20-14-15171	Jaula amarre pza.	1	Maq.
Ø 95,879 ± 0,013 con 128 ÷ 63 RMS de rugosidad y frente a limpiar.			F-20-23-15076	Conjunto para cargador	1	Maq.
Rectificar segunda cara a	II		N-20-74-15903	Mandril Porta-muelas int.	1	Maq.
24 ± 0,025 m/m de la cara opuesta con 63 RMS			N-20-12-15311	Muela de interiores (IM112581)	1	Maq.
			N-20-29-15004	Muela de exteriores (IM 112578)	1	Maq.
			N-20-51-15402	Diamantes Exter.	1	Maq.
			N-20-51-15401	Diamantes Inter.	1	Maq.
Refrentar las piezas por la cara de los radios en primer lugar.		1/50	F-49-31-16427	Base con comparador	1	Maq.
			F-49-31-16567	Centraje	1	Maq.
			F-49-21-15660	Galga de altura	1	



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 2 de 3

Fecha original	4-6-02	Por	Jiménez	Célula Nº		Dpto. Nº	911	Pieza Nº	R-504614
Fecha de rev.	10-3-08	Por	Luna	Dec./Nivel dis.	"F"	Máquina Nº	1094	Oper. Nº	70
Revisión	Cambio de material			Material	JDM-8620 o 20Mn Cr5			Código Maq.	Y-49-86
Máquina.	Klingelnberg			Nombre Pieza	Engranaje intermedio superior		Producto	Engranajes del motor	
	Descripción de la operación	Maquina Numero	Maquina Codigo	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.			
	Enviar una pieza en cada turno ó en cada preparación de máquina al "Laboratorio de engranajes" en donde se comprobará:								
	El Perfil y la inclinación del dentado	Y-49-86	1094	F-49-22-15306	Pinza para pieza	1	P		
	El salto de rodaje con engranaje patrón Salto max. (Fr) = 0,13mm	Y-49-75	1432	F-49-46-15310	Engranaje patrón	1			
	Distancia entre centros (a") de ...m/m y deberá estar entre: (+0,...) y (-0,...)								
				F-49-42-15	Galga de distancia de ... (solo p/ V. E. en Y-49-23-839)	1			

Hoja 3 de 3

*Proyecto fin de carrera. UC3M.
Enrique Sánchez Rodríguez*

Anexo III: Plano de fabricación y HDM de la referencia RE508489



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 1

Fecha original	9-10-02	Por	Jiménez	Célula N°		Dpto. N°	922	Pieza N°	RE-508489
Fecha de rev.		Por		Dec./Nivel dis.	"C"	Máquina N°		Oper. N°	10
Revisión				Material		Código Maq.	Unidad aut.		
Máquina.	Prensa especial			Nombre Pieza	Engranaje intermedio con casq.	Producto	Engranajes del motor		

Posic. Hta.	Veloc. r.p.m.	Avan. mm/min	Dist. mm.	Descripción del elemento	Tiempo min.
I	-	-	-	Montar casq.	-

Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.	
Montar casquillo R-503757 en engranaje R-504614			F-67-10-16695	Dispositivo para montar	1	Maq
(2 Montajes a la vez)			F-67-10-17020	Buterolas para montar casq.	2	P
Colocar pieza con la referencia R-504614 hacia arriba						
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.					0,00	



HOJA DE DATOS MECANICOS

Hoja 1 de 2

Fecha original	10-10-02	Por	Jiménez	Célula N°		Dpto. N°	923	Pieza N°	RE-508489
Fecha de rev.	16-10-02	Por	Jiménez	Dec./Nivel dis.	"C"	Máquina N°	1164	Oper. N°	20
Revisión	Puntualizar herramientas	Material		Código Maq.	Y-20-39	Programa N°	-	Subprog. N°	
Máquina.	Rectificador "DANOBAT"	Nombre Pieza	Engranaje intermedio con casq.	Producto	Engranajes del motor	Subprog. N°			

% ... PROGRAMA PZA. INTERIORES	<p>Ø 92.747 ± 0.015 20 RMS</p>
% - PROGRAMA PZA. EXTERIORES	
% 1 PROGRAMA DIAMANTADO INTERIORES	
% PROGRAMA DIAMANTADO EXTERIORES	
R.P.M. Muela interiores 18.000	
R.P.M. Muela exteriores	
Creces Ø int. 0,45 Creces Frent. -	
Rugosidad R.M.S. Int. 20 Frente	

Posic. Hta.	Veloc. r.p.m.	Avan. mm/min	Dist. mm.	Descripción del elemento	Tiempo min.
I	250	1,2	0,3	Rect. Desb.	0,24
II	250	1,2	0,2	Rect. Desb.	0,22
III	250	0,8	0,12	Rect. Acab.	0,23

Descripción de la operación	Posición Hta.	Vida Pzas.	Htas. o Calibres Número	Htas. o Calibres Descripción	Cant.	Maq
Rectificar diámetro interior	I-II			Plato base	1	
a Ø 92,747 ± 0,015 mm.			F-20-14-15173	Jaula de centraje y garras	1	P
con 20 RMS de rugosidad						
Rapidos y posicionados			N-20-78-15884	Mandril P/ muela	1	
			N-20-16-15015	Muela P/ interior	1	
			F-49-31-15129	Columna electrónica	1	
			F-49-37-16026	Anillo patrón	1	P
		1/3	F-49-11-17177	Tampon elect. Ø 92,747m/m	1	P
TIEMPO TOTAL MAQUINA POR UNA PZA.					1,20	

Hoja 2 de 2

*Proyecto fin de carrera. UC3M.
Enrique Sánchez Rodríguez*